

DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CXXXIX.

I. *Ueber das Holtz'sche Rotationsphänomen;
von J. C. Poggendorff.*

(Aus d. Monatsberichten d. Akad. November 1869.)

Im J. 1867 veröffentlichte ich ein Paar kurzer Notizen, in welchen ich ein vereinfachtes Verfahren zur Hervorbringung eines wenige Monate früher von Hrn. Holtz entdeckten elektrischen Rotationsphänomens beschrieb. Ich bediente mich dabei einer seiner Elektrisirmaschinen erster Art, aus welcher ich die ruhende Scheibe entfernt hatte. Seitdem habe ich mir einen eigends auf das Studium dieses Phänomens eingerichteten Apparat anfertigen lassen, um dasselbe, was bisher noch nicht geschehen ist, in seinen einzelnen Phasen eingehender zu untersuchen. Es schien mir dieß keine überflüssige Arbeit zu seyn; denn wenn auch dieses Phänomen lediglich durch die bekannten elektrischen Attraktionen und Repulsionen hervorgerufen wird, so weicht es doch durch die Art und Weise, wie bei ihm diese Anziehungen und Abstofsungen zur Wirksamkeit gelangen, wesentlich von allen bisher dargestellten elektrischen Rotationen ab, und dabei sind die Vorgänge nicht nur ungemein mannigfaltig, sondern auch zum Theil so verwickelt und räthselhaft, daß ich offen bekennen muß, selbst nach einer zweijährigen Beschäftigung mit demselben nicht im Stande zu seyn, über jeden einzelnen Punkt genügende Rechenschaft zu geben.

Der erwähnte Apparat hat die Gröfse einer gewöhnlichen Holtz'schen Elektrisirmaschine. Er ist darauf berechnet, eine Scheibe von Glas oder Ebonit (Kamm-Masse) mit

Leichtigkeit in einer Verticalebene rotiren zu lassen. Die horizontale Axe derselben ruht mittelst Stahlzapfen von 1,5 Lin. Dicke auf V-förmigen Pfannen aus Rothguß. Das Gestell, welches diese Pfannen trägt, ist auf beiden Seiten mit einem Kreuz aus Ebonitstäben versehen, die an den Enden konisch durchbohrt sind, um metallene Spitzenkämme aufzunehmen. Es können demnach vier derartige Kämme gegen jede Seite der Scheibe gerichtet werden, zwei an den verticalen Armen der Kreuze, und zwei an den horizontalen. An ihren Stielen haben diese Kämme Einbohrungen und Schrauben, um die Drähte aufzunehmen und zu befestigen, welche sie entweder unter sich oder mit der Elektrisirmaschine verbinden sollen.

Außerdem ist dem Apparat ein verticaler, verschiebbarer Rahmen beigegeben, um mittelst desselben Platten verschiedener Art neben der Scheibe aufstellen zu können, entweder auf der einen oder auf der andern oder auch auf beiden Seiten, und zwar in verschiedenen Abständen. Der Rahmen ist dazu mit Nuthen versehen, in welche die Platten eingeschoben werden können.

Die zur Rotation bestimmten Scheiben, möglichst gut aequilibrirt, hielten 15 Zoll im Durchmesser. Glasscheiben wurden von verschiedener Dicke angewandt, gefirnist und ungefirnist, belegt und nicht belegt. Vom Ebonit wurde nur eine Scheibe benutzt, da es sich in jeder Beziehung wie Glas verhielt.

Ohne Zweifel würde der Apparat bedeutend an Beweglichkeit gewonnen haben, wenn ich die Scheibe an einer verticalen Axe auf Spitzen hätte rotiren lassen, wobei auch ihre Aequilibrirung weniger nothwendig gewesen wäre. Allein ich würde den Vortheil verloren haben, beide Seiten der Scheibe mit gleicher Leichtigkeit untersuchen zu können, und darum wählte ich die senkrechte Stellung. Ueberdies ist die Kraft, welche hier in Betracht kommt, groß genug, um die Scheibe in sehr lebhaft Rotation zu versetzen, selbst wenn die Zapfen ihrer horizontalen Axe 3,5 Lin. dick sind und in runden Pfannen laufen.

Die zahlreichen Elemente des beschriebenen Apparats gestatten begreiflich eine noch ungleich grössere Zahl von Combinationen, und lassen somit alle Umstände erforschen, unter welchen eine Rotation erfolgt oder nicht, unter welchen sie nur in einer bestimmten Richtung stattfindet und in der entgegengesetzten ausbleibt, unter welchen sie eines anfänglichen Impulses bedarf oder trotz der Reibung an der Axe freiwillig beginnt¹⁾.

Nur die genaue Kenntniss aller dieser Particularitäten kann der Hoffnung Raum geben, dass es dereinst gelingen werde, von dem interessanten Bewegungsphänomen eine vollständige Theorie aufzustellen, zu welcher ich für jetzt nur Material zu liefern vermag.

I.

Die einfachste Gebrauchsweise des Apparats besteht darin, dass man der Scheibe auf der einen Seite zwei Spitzenkämme diametral bis auf ein Paar Linien nahestellt, und ihr mittelst dieser Kämme Elektrizität zuführt, am Besten aus einer Holtz'schen Maschine. Ertheilt man dann der Scheibe einen kleinen Impuls, entweder in der einen oder andern Richtung, so fährt sie fort in dieser Richtung zu rotiren, und steigert ihre Geschwindigkeit in kurzer Zeit bis zu dem Grade, dass sie 80 bis 100 Umgänge in der Minute macht, unter günstigen Umständen (bei Trockenheit der Luft, Reinheit der Scheibe, usw.) wohl noch mehr.

Ich beobachtete dies sowohl an einer gefirniften Scheibe von dünnem Fensterglase, die mit ihrer Axe $2\frac{1}{2}$ Pfd. wog und für gewöhnlich angewandt wurde, als auch an einer ungefirniften dicken Scheibe Spiegelglas, deren Gewicht mit dem der Axe $4\frac{1}{2}$ Pfd. betrug.

1) In dem ideellen Fall, dass an der Axe keine Reibung stattfände und die Mittellinie derselben genau durch den Schwerpunkt der Scheibe ginge, würde die Rotation begreiflich allemal eine freiwillige werden, wenn die Elektrizität entweder nur in einer Richtung wirkte, oder in der einen stärker als in der andern.

Von diesem ideellen Fall kann hier natürlich nicht die Rede seyn.

Die beiden Kämme brauchen übrigens nicht nothwendig eine diametrale Stellung zu haben. Es genügt schon ein quadrantaler Abstand, nur ist dann die Rotationsgeschwindigkeit geringer.

Statt zwei Kämme kann man auch deren vier an einer Seite der Scheibe anbringen, zwei am verticalen, und zwei am horizontalen Stabe des Kreuzes. Sie müssen jedoch so unter sich und mit der Maschine verbunden werden, daß die an einem und demselben Stabe befestigten gleiche Elektrizität ausströmen, sie also, im Kreise herum gezählt, abwechselnd positiv und negativ sind. Dann erhält man, nach einem Impuls, eine Rotation in beiden Richtungen, deren Geschwindigkeit wo nicht größer, doch wenigstens eben so groß ist, als die bereits genannte. Hat man aber die Verbindung so gemacht, daß auf zwei positive Kämme zwei negative folgen, so ist die Wirkung der Elektrizität, wenn auch nicht ganz Null, doch jedenfalls sehr schwach ¹⁾.

In welcher Weise hier die Rotation zu Stande kommt,

- 1) Um mit voller Sicherheit zu entscheiden, ob in einem gegebenen Falle die auf die Scheibe strömende Elektrizität keine Wirkung habe oder nur eine schwache, müßte man der Scheibe zwei Mal einen ganz gleichen Impuls ertheilen, erst während der Wirkung der Elektrizität, und dann nach Aufhebung derselben. Beobachtete man nun die Zeiten, innerhalb deren die Scheibe in beiden Fällen vermöge der Reibung auf der Axe und des Widerstandes der Luft zur Ruhe gelangte, so würde die Gleichheit oder Ungleichheit derselben die Frage entscheiden. Allein zur Hervorbringung zweier völlig gleichen Impulse wäre ein besonderer Apparat erforderlich.

In Ermangelung eines solchen könnte man freilich auch dadurch zum Ziele gelangen, daß man der Scheibe in den bezeichneten Fällen zwei ungefähr gleiche Impulse ertheilte, und die Momente abwartete, wo sie eine gleiche Anzahl von Rotationen innerhalb einer gewissen Zeit hervorbrächten. Von diesen Momenten an müßte man dann die Zeiten beobachten, die in beiden Fällen bis zur völligen Ruhe verstrichen.

Dieses Verfahren ist aber auch umständlich und schwerlich von einer Person, welche zugleich die Elektrisirmaschine gleichmäßig umdrehen soll, mit Genauigkeit ausführbar. Ich habe mich daher auf eine bloße Schätzung beschränkt, und es wäre also wohl möglich, daß die Wirkung in einigen Fällen, wo ich sie für Null ausgab, in der That nur sehr schwach war.

oder vielmehr unterhalten und gesteigert wird, habe ich für den einfachen Fall mit zwei diametralen Kämmen schon in einer meiner früheren Notizen angedeutet¹⁾).

»Nach dem anfänglichen Impuls — heisst es daselbst — bekleidet sich die Scheibe mit den von den Kämmen ausströmenden Elektricitäten, auf der einen Hälfte mit der positiven, auf der andern mit der negativen; und so wie die von dem einen Kamm ausströmende Elektricität zu dem anderen gelangt, wird sie von diesem angezogen, und nicht blofs sie allein, sondern auch die Scheibe, an welcher sie adhärirt. Es ist aber auch einzusehen, dafs die beiden Hälften der Scheibe nicht dauernd entgegengesetzt elektrisirt seyn könnten — (wie sie es wirklich sind) — wenn die von dem einen Kamm ausströmende Elektricitätsmenge vollständig zu dem anderen gelangte, weil dann die Elektricität des letztern gänzlich zur Neutralisation des ersteren verbraucht werden würde. Es mufs also entweder ein Theil der von der Scheibe aufgenommenen Elektricität verloren gehen, oder die von jedem Kamm ausströmende Elektricität in der Weise zerfallen, dafs nur ein Theil an die von ihm fortgehende Hälfte der Scheibe übergeht, und der andere die entgegengesetzte Elektricität der an ihn herantretenden Hälfte neutralisirt.«

Wiewohl ohne Zweifel ein ansehnlicher Theil der auf die Scheibe ausströmenden Elektricitäten ungenutzt für die Rotation in die Luft entweicht, so bin ich doch gegenwärtig der Meinung, dafs der fortdauernd entgegengesetzt elektrische Zustand beider Hälften der rotirenden Scheibe (der sich so leicht mit einem Elektrometer nachweisen läfst) nicht von einer solchen Entweichung hergeleitet werden kann, sondern seinen Grund wirklich in der supponirten Halbierung der Elektricität haben mufs.

Jeder Kamm, so scheint es mir natürlich anzunehmen, strömt, unbeschadet der vor ihm rotirenden Scheibe, fortwährend gleichviel Elektricität nach beiden Seiten aus, und so gelangt die eine Hälfte zu dem anderen Kamm, während

1) Diese Annal. Bd. 131, S. 655.

die zweite die von diesem herkommende Elektricität neutralisirt ¹⁾).

Möglicherweise kann übrigens zur Rotation auch die Abstossung mitwirken, welche jeder Kamm auf die von ihm ausgesandte und an der fortgehenden Scheibenhälfte adhärende Elektricität ausüben mufs.

Mag nun die Rotationskraft auf die eine oder andere Weise entstehen, so ist doch kaum zweifelhaft, dafs sie mit der Geschwindigkeit wachsen müsse, weil mit vergrößerter Geschwindigkeit die Elektricität weniger Zeit hat von der Scheibe zu entweichen. Es ist das vielleicht mit ein Grund, weshalb in einigen Fällen die andauernde Rotation nach einem schwachen Impuls nicht zu Stande kommt, wohl aber sehr gut nach einem stärkeren. Es könnte übrigens auch seyn, dafs die Reibung eine Function der Geschwindigkeit wäre, sie mit derselben abnähme. Ich habe darüber keine Angaben gefunden.

II.

In dem Bisherigen wurde nur *eine* Seite der Scheibe benutzt: man kann aber auch beide Seiten benutzen und hat dabei Gelegenheit einen theoretischen Punkt zu berichtigen.

Es ist nämlich die Ansicht ausgesprochen worden, das in Rede stehende Rotationsphänomen verwirkliche die Umwandlung der Elektricität in mechanische Kraft. Ich will die Möglichkeit einer solchen Umwandlung nicht bestreiten, mufs aber doch bemerken, dafs dies Phänomen complicirter ist, als es auf den ersten Blick zu seyn scheint. Denn die von der Maschine ausströmende Elektricität leistet nicht blofs mechanische Arbeit, sondern erzeugt auch wiederum neue Elektricität.

Einen ersten Beweis davon erhält man, wenn man den anfangs beschriebenen Versuch dahin abändert, dafs man die beiden diametralen Kämme nicht an einer und derselben

1) An den Kämmen der Holtz'schen Elektrisirmaschine findet offenbar eine ähnliche Halbierung der ausströmenden Elektricitäten statt.

Seite der Scheibe anbringt, sondern den einen an dieser und den anderen an jener Seite. Unter den genannten Umständen bekommt man dann eine Rotationsgeschwindigkeit, die der früheren durchaus nicht nachsteht.

Diese Rotation entspringt offenbar daraus, dafs die einer jeden Seite der Scheibe zugeführte Elektrizität durch Influenz die gleichnamige auf der andern Seite frei macht. Die direct von dem einen Kämme ausströmende Elektrizität und die durch Influenz von dem anderen Kamm entwickelte wirken dann ebenso, wie im früheren Falle die beiden ausströmenden Elektrizitäten. Nur sind jetzt die positiven Lichtpinsel nicht parallel der Scheibe, sondern rechtwinklig gegen dieselbe gerichtet.

Dafs die der einen Seite der Scheibe zugeführten Elektrizitäten auf der anderen Seite die gleichnamigen frei machen, ist wohl selbstverständlich; doch aber möchte es nicht überflüssig seyn, hier noch einige darauf beruhende Erscheinungen beizubringen.

Vor der einen Seite der Scheibe (ich will sie die Vorderseite nennen) befestige man zwei Kämme am verticalen Stabe und vor der anderen (der Rückseite) zwei Kämme am horizontalen. Verbindet man nun die ersteren mit der Maschine und die letzteren unter sich durch dicke Drähte, die in Kugeln endigen, bis so weit, dafs noch eine kleine Luftstrecke zwischen den Kugeln bleibt, und legt über die Stiele dieser Kämme eine kleine Röhrenflasche, so wird diese, wenn die Scheibe in elektrische Rotation versetzt wird, geladen, und die Entladungen derselben liefern ein hör- und sichtbares Maafs für die entwickelten Influenz-Elektrizitäten. Gebe ich den Kugeln einen gegenseitigen Abstand von 6 Lin., so erhalte ich in der Minute wohl an 100 Entladungen, und verkürze ich ihn auf 4 Lin., sogar an 200.

Verbindet man die hinteren Kämme durch eine Geißler'sche Röhre, so wird dieselbe leuchtend, und zeigt dabei zugleich die Richtung des Influenzstromes an.

Am stärksten ist begreiflich diese Entwicklung von Influenz-Elektrizität gerade vor den Spitzen der ausströmenden

Kämme. Refestigt man demnach die Kämme an der Vorderseite der Scheibe ebenfalls am horizontalen Stabe, so daß sie den Kämmen an der Rückseite gerade gegenüberstehen, und läßt nun die Scheibe elektrisch rotiren, so hat man das überraschende Schauspiel eines ununterbrochenen Funkenstroms zwischen den Entladungskugeln der Röhrenflasche, selbst wenn diese einen gegenseitigen Abstand von zwei Zoll und mehr besitzen.

Hält man die Scheibe an, so verschwindet der Funkenstrom, trotz ununterbrochener Zuleitung der Elektricität. Er kommt aber sofort wiederum zum Vorschein, sowie man die Rotation der Scheibe erneut. Da hiebei die Spitzen der einander gegenüber stehenden Kämme entgegengesetzte Elektricitäten ausströmen, so sieht es täuschend aus, wie wenn die Glasscheibe, ungeachtet ihrer ansehnlichen Dicke, während der raschen Bewegung die Elektricität durchliefse oder ein Elektricitätsleiter würde.

Die Möglichkeit, daß ein Isolator durch rasche Bewegung zu einem Leiter werde, obwohl weniger wahrscheinlich als umgekehrt die Verwandlung eines Leiters in einen Isolator, könnte wohl gerade nicht bestritten werden, indem That-sachen, die dagegen sprächen, meines Wissens nicht vorhanden sind. Es wäre aber wohl mehr als voreilig, diese Umwandlung ohne Weiteres zuzugeben, zumal sich eine andere Erklärung aufstellen ließe, die viel weniger gewagt ist.

Man könnte nämlich sagen, daß bei einem ruhenden Isolator die Influenz auf seine Hinterseite nothwendig bald eine Gränze haben müsse, nämlich dann, wenn er auf der Vorderseite keine Elektricität mehr aufzunehmen im Stande ist; wogegen sie in einem bewegten unausgesetzt fort dauere, da stets neue noch nicht influencirte Theilchen an die ausströmenden Spitzen der Kämme herantreten.

Wenn diese Ansicht richtig ist, so würde damit auch die Erklärung einer anderen paradox aussehenden Thatsache gegeben seyn.

Die Drähte nämlich, welche bei den eben beschriebenen Versuchen, so wie überhaupt bei allen Versuchen mit dem

Rotat
trisin
bei u
sind
len, c
in kl
V
metall
quer
auf
schw
wen
liche
achte
Mal
dies
Sch

wah
kein
daß
roti
Ele
von
ten
la

die
das
im
we
W
sta

kl
so
ga

Rotationsapparat, die Verbindung desselben mit der Elektrisirmaschine herstellen, zeigen immer, auch wenn sie, wie bei mir, fast eine Linie dick und mit Seide übersponnen sind, viel freie Elektrizität, welche sie in die Luft ausstrahlen, oder, falls man ihnen einen Finger nähert, gegen diesen in kleinen Funken entlassen.

Verbindet man die *vor* der Scheibe angebrachten Kämme metallisch mit einander, indem man z. B. einen Messingstab quer über sie legt, so verschwindet diese freie Elektrizität auf den Drähten. Das ist wohl sehr natürlich. Sie verschwindet aber auch oder wird auf ein Minimum reducirt, wenn man zwischen den beiden *hinter* der Scheibe befindlichen Kämmen eine metallische Verbindung herstellt, ungeachtet dann der Schließungskreis der Elektrisirmaschine zwei Mal durch Glas unterbrochen ist. Und wohl zu merken, dies Verschwinden findet ebenfalls nur statt, wenn die Scheibe rotirt, nicht wenn sie ruht.

Stellt man den Versuch im Dunklen an, so kann man wahrnehmen, dafs, so lange die Scheibe ruht, wenig oder kein elektrisches Licht auf den Spitzen der Kämmen erscheint, dafs dieses Licht aber sehr lebhaft wird, so wie die Scheibe rotirt. Jedenfalls geht also auf die rotirende Scheibe mehr Elektrizität über, als auf die ruhende, und dies giebt wohl von dem Verschwinden der freien Elektrizität auf den Drähten genügenden Aufschluß, mag übrigens dieselbe durchgelassen oder durch Influenz ausgeglichen werden.

Trotzdem aber ist unter diesen Umständen, d. h. wenn die hinteren Kämme metallisch mit einander verknüpft sind, das Rotationsvermögen der Elektrizität viel schwächer als im Fall eine solche Verknüpfung nicht stattfindet. Denn wenn auch die Scheibe nach einem anfänglichen Impuls eine Weile lebhaft rotirt, kommt sie doch allmählig zum Stillstand.

Ich möchte mir diese Erscheinungen folgendermaßen erklären. Strömt der Vorderkamm *a* positive Elektrizität aus, so wird die von ihm fortgehende und zum diametralen negativen Vorderkamm *b* gelangende Scheibenhälfte mit posi-

tiver Elektricität bekleidet und zwar nicht bloß auf ihrer Vorderseite, sondern durch Influenz auch auf ihrer Hinterseite. Befinden sich nun auf dieser Hinterseite ebenfalls Kämme in angegebener Lage und unter sich metallisch verknüpft, so wird der Kamm α , welcher dem Vorderkamm a gegenübersteht, negative Elektricität ausströmen und mit ihr die von ihm fortgehende Scheibenhälfte bekleiden. Diese Hälfte ist aber dieselbe, welche auf derselben Seite durch den Kamm a mit positiver Influenz-Elektricität versehen wurde. Es wird also diese Elektricität neutralisirt werden, oder wohl noch ein Ueberschufs von negativer Elektricität hinzutreten. Aus beiden Gründen wird demnach der Vorderkamm b wenig oder gar nicht anziehend auf die zu ihm gelangenden Scheibentheile wirken können. Ebenso wird der Vorderkamm a keine oder eine nur geringe Anziehung auf die zu ihm gelangenden Scheibentheile ausüben, da sie von dem Vorderkamm b und dem gegenüber stehenden Hinterkamm β mit entgegengesetzten Elektricitäten versehen worden sind.

Ich sagte soeben, daß der dem positiven Vorderkamm a gegenüber stehende Hinterkamm α negative Elektricität ausströme. Diefß ist keine Hypothese, sondern eine sichere, im Dunklen leicht erkennbare Thatsache, welche beweist, daß der letztere Kamm seine Thätigkeit unmittelbar von dem ersteren empfängt, und nicht von der Scheibe. Denn wenn er sie von der Scheibe empfinde, müßte er statt der negativen Elektricität positive aussenden, da die zu ihm gelangende Scheibenhälfte durch ihren Vorübergang vor dem negativen Vorderkamm b an beiden Seiten mit negativer Elektricität versehen worden ist.

Es giebt noch mehr Fälle, welche augenscheinlich dathun, daß die Elektricität bei diesem Rotationsphänomen nicht bloß mechanische Arbeit verrichtet, sondern zugleich neue Elektricität erzeugt; allein ich will sie für jetzt übergehen, um mich einer anderen Klasse von merkwürdigen Erscheinungen zuzuwenden.

III.

Die auf beschriebene Weise hervorgebrachte Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe ist gewiss schon eine recht ansehnliche; allein sie läßt sich noch bedeutend vergrößern durch Anwendung zweier Hilfsmittel: durch die Stellung der Kämme und durch die Hinzuziehung von Nebenplatten.

Was die Kämme betrifft, so waren sie in den bisherigen Versuchen entweder am verticalen oder am horizontalen Stabe, entweder vor oder hinter der Scheibe angebracht, jedoch immer so, daß sie ihrer Länge nach mit dem vor ihnen fortgehenden Radius der Scheibe zusammenfielen.

Diese *radiale* Stellung, welche man als die normale betrachten kann, ist jedoch nicht die wirksamste. Ihre größte Wirksamkeit erhalten die Kämme, wenn man sie aus ihrer radialen Lage um einen Winkel von etwa 45° dreht, und zwar in dem Sinn, daß die rotirende Scheibe sich gegen die ihrer Mitte zugewandte Seite des Kammes bewegt. Rotirt sie in der entgegengesetzten Richtung, so ist die Wirkung am schwächsten.

Von der größeren Wirksamkeit dieser *schiefen* Stellung der Kämme kann man sich durch jeden der bereits angeführten Versuche überzeugen, am untrüglichsten durch diejenigen, bei welchen hinter der rotirenden Scheibe Inductionsfunken erzeugt werden. Giebt man nämlich den Kugeln, zwischen welchen die Röhrenflasche sich entladet, einen solchen Abstand von einander, daß bei radialer Stellung der Kämme keine Funken mehr zwischen ihnen überschlagen, so kommen sie sogleich zum Vorschein, sowie man die Kämme in die angegebene schiefe Stellung versetzt.

Dasselbe thun andere Versuche dar und selbst der aller-einfachste mit *zwei* diametralen Kämmen an derselben Seite der Scheibe liefert einen Beweis dafür.

Am entschiedensten aber tritt die größere Wirksamkeit der schiefen Kammstellung hervor, wenn man mit derselben noch Nebenplatten verbindet, wie ich dieß weiterhin näher auseinander setzen werde.

Ich habe mich vielfach bemüht, zu ermitteln, weshalb

die Kämme bei schiefer Stellung eine ungleiche Wirkung an beiden Seiten ausüben, bin aber leider nicht so glücklich gewesen, einen Grund dafür aufzufinden, der mir genügt hätte.

Indess habe ich bei dieser Gelegenheit beobachtet, daß die Lichtpinsel, welche man im Dunklen am positiven Kamm erblickt, und welche, wie man das schon von der Holtz'schen Maschine weiß, bei radialer Stellung dieses Kamms rechtwinklig auf ihm stehen, entgegen der Rotation der Scheibe, diese Rechtwinkligkeit bei allen übrigen Stellungen beibehalten, so daß, wenn man den Kamm im Kreise herumdreht, sie ihm darin folgen. Nur werden sie um so schwächer und kürzer, je mehr sich der Kamm der tangentiellen Lage nähert, und sowie er diese erreicht, verschwinden sie wohl ganz, bis auf einige, die aus seinen Enden hervorschießen. Bei der vortheilhaften Stellung des Kamms von 45° sind sie *caeteris paribus* am längsten, und da sie dann um einen gleichen Winkel einwärts abgelenkt sind, liegen sie nicht in der tangentiellen Richtung, in welcher, wie man glauben sollte, dem positiven Kamm die negative Elektrizität zugeführt wird.

Auf welche Weise dieß mit der mechanischen Wirkung der Kämme zusammenhänge, muß ich für jetzt dahingestellt seyn lassen.

IV.

Sehr mannigfaltig und zum Theil sehr räthselhaft sind die Erscheinungen, welche auftreten, wenn man zum zweiten Verstärkungsmittel übergeht, d. h. neben der beweglichen Scheibe *feste Platten* aufstellt, zu welchem Behufe eben dem Apparat der anfangs erwähnte verschiebbare Rahmen beigelegt ist.

Die angewandten Platten bestanden entweder aus Glas oder Pappe oder Zink, also entweder aus einem Isolator oder Halbleiter oder metallischen Leiter. Glas und Pappe verhielten sich in allen Stücken gleich, und Zink nur in einigen abweichend.

Was die Gestalt dieser Platten betrifft, so bildeten sie entweder Quadrate von der Gröfse der Scheibe oder halb so grofse Rectangel. Die ersteren hatten in der Mitte eine runde Oeffnung, weit genug, um nicht allein die Scheibenaxe durchzulassen, sondern auch einen der 6 Lin. dicken Wülste, zwischen welchen die Scheibe auf der Axe eingeklemmt ist. Sonst hätten sie der Scheibe nicht hinreichend genähert werden können. Zu gleichem Zwecke waren die Halbplatten an einem ihrer Ränder mit einem Ausschnitt versehen.

In den meisten Fällen habe ich vertical stehende Halbplatten angewandt, da sie die gröfste Bequemlichkeit gewähren, indem man sie gegen einander vertauschen kann, ohne nöthig zu haben, die Scheibe von ihren Lagern abzuheben.

Im Allgemeinen äußern die Nebenplatten ihre Wirkung dadurch, dafs sie die Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe außerordentlich steigern und sehr rasch auf ihr Maximum erheben. Ohne sie kann die Scheibe freilich auch eine grofse Geschwindigkeit erlangen, aber es bedarf dazu eines viel stärkeren Impulses und einer viel länger fortgesetzten Einwirkung der Elektricität. Auch müssen die Spitzenkämme relativ der Scheibe sehr nahe gestellt werden, während sie bei Anwendung von Nebenplatten schon aus einer Entfernung von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll eine Wirkung ausüben. Stehen anderseits die Kämme nahe, so wirken die Nebenplatten schon in einem Abstand von 1 bis 2 Zoll von der Scheibe ganz merklich.

Als specielles Beispiel mag Folgendes dienen.

Wenn ich vor der Scheibe zwei Kämme am verticalen Stabe in radialer Lage anbringe und hinter derselben zwei Halbplatten von Glas oder Pappe aufstelle, macht die Scheibe nach einem anfänglichen Impuls aller wenigstens 300 Umgänge in der Minute, ohne Abnahme, so lange man Elektricität auf sie einströmen läfst. Die Rotationsgeschwindigkeit ist so grofs, dafs sie sich, ohne eine besondere Vorrichtung, eigentlich gar nicht genau bestimmen läfst. Um einen Begriff von ihr zu geben, will ich nur anführen, dafs ein weifses Papierscheibchen von $3\frac{1}{2}$ Lin. Durchmesser, wel-

ches als Marke auf einen der die Scheibe auf der Axe festklemmenden Wülste von schwarzer Ebonitmasse geklebt ist und mit seinem Mittelpunkt $1\frac{1}{2}$ Zoll von der Centrallinie der Axe absteht, während der Rotation fast wie ein zusammenhängender weißer Ring erscheint. Nach aufgehobener Wirkung der Elektrizität setzt die Scheibe ihre Rotation noch zwei bis drittehalb Minuten fort, ehe sie zur Ruhe gelangt.

Vor der Scheibe, also auf Seite der Kämme aufgestellt, wirken die Nebenplatten ebenso stark. Allein es ist doch ein bemerkenswerther Unterschied zwischen ihrer jetzigen Wirkung und der früheren vorhanden.

Stellt man nämlich die Platten *hinter* der Scheibe auf und giebt den Kämmen die *schiefe* Lage, so erhält man eine dauernde Rotation nur in der *einen*, mehrmals bezeichneten Richtung, manchmal von selbst, manchmal erst nach einem leisen Anstoß; und wenn man sie in entgegengesetzter Richtung mechanisch eingeleitet hat, kommt die Scheibe bald zur Ruhe und beginnt dann umgekehrt, d. h. in dem ersten Sinn zu rotiren.

Stehen die Platten aber *vor* der Scheibe, so rotirt die Scheibe, nach einem Impuls, gleich gut in *beiden* Richtungen, die Kämme mögen radial oder schief, ja sogar tangentiell gestellt seyn ¹⁾.

Zu diesen Effecten sind zwei Halbplatten durchaus nicht unumgänglich; man erhält sie auch, wenig oder gar nicht schwächer ausgebildet, schon mit einer einzigen Halbplatte.

Selbst kleinere Platten von Glas, Ebonit oder Pappe, Quadrate von 5 Zoll Seite, die also lange nicht die halbe Scheibe bestreichen und, neben derselben aufgestellt, weit von den Kämmen entfernt bleiben, mit ihrer Mitte um einen Quadranten, verstärken nicht nur die Rotationsgeschwindigkeit in angegebenem Grade, wenn die Kämme radial stehen, sondern geben auch bei *schiefer* Stellung derselben den

1) Die Rotation bei tangentieller Stellung der Kämme bekommt man übrigens auch, wenn die Platten hinter der Scheibe stehen, aber nicht ohne dieselben.

charakteristischen Unterschied, je nachdem sie vor oder hinter der Scheibe angebracht sind.

Eben solche verstärkende Wirkung zeigen die Nebenplatten falls zwei Kämme entweder quadrantall an einer Seite der Scheibe, oder diametral diefs und jenseits derselben aufgestellt sind. Selbst eine Halbplatte ist dazu ausreichend, sobald sie nur im ersten Fall dem Kamm am horizontalen Arm gegenübersteht.

Aehnliches beobachtet man, wenn man zu vier Kämmen übergeht.

Vier Kämmen gestatten eine zweifache Combination. Entweder kann man sie unter sich und mit der Maschine so verbinden, dafs der obere und untere die eine Elektricität, z. B. die positive, und der rechte und linke die andere Elektricität ausströmen, oder aber auf die Weise, dafs z. B. der obere und der rechte Kamm positiv werden und die beiden anderen negativ.

Im ersteren Fall, wo also, im Kreise herum gezählt, die Kämmen abwechselnd positiv und negativ sind, findet schon ohne Nebenplatten nach einem Impuls eine ganz lebhaftere Rotation in beiden Richtungen statt, wenn die Kämmen die radiale Lage haben, und eine blos in der vortheilhaften Richtung, wenn sie schief gestellt sind. Allein beide Wirkungen treten ungleich stärker hervor, sobald Platten hinter der Scheibe stehen.

Im zweiten Fall sind beide Wirkungen ohne Hinterplatten so schwach, dafs man sie für Null halten könnte, werden aber mit demselben eben so stark wie im ersten Fall.

Bemerkenswerth sind die Licht-Erscheinungen, die bei diesen Combinationen im Dunklen sichtbar werden.

Im ersten Fall sieht man an den beiden positiven Kämmen lange Lichtpinsel, im zweiten dagegen kurze, und zwar nur an demjenigen positiven Kamm, der, im Sinne der Rotation gesprochen, der vordere ist und negative Elektricität vom nächst vorangehenden Kamm zugeführt bekommt. Der hintere positive Kamm zeigt dagegen nur Lichtpunkte, gleichwie wenn er negative Elektricität ausströmt. Trotz der

Kürze der positiven Lichtpinsel ist in diesem Fall die Rotationsgeschwindigkeit eben so groß wie im Vorhergehenden.

Ueberhaupt habe ich bemerkt, daß, wiewohl die Länge der positiven Lichtpinsel bei einer und derselben Combination mit der Rotationsgeschwindigkeit wächst, sie doch derselben bei verschiedenen Combinationen keineswegs proportional ist.

Noch auffallender ist die Wirkung der Nebenplatten bei Anwendung von vier Kämmen, wenn diese *nicht* auf einer und derselben Seite der Scheibe angebracht sind.

Man befestige vor der Scheibe zwei Kämmen am verticalen Stabe, und hinter derselben zwei am horizontalen, alle vier in radialer Lage, und verbinde sie solchergestalt unter sich und mit der Maschine, daß von den vorderen Kämmen der obere, und von den hinteren der links liegende (von vorn gesehen) positive, und die beiden anderen negative Elektrizität auf die Scheibe ausströmen.

Unter diesen Umständen bekommt man *keine* Rotation, weder in der einen, noch in der anderen Richtung.

Schiebt man aber zwischen den hinteren Kämmen und der Scheibe Halbplatten von Glas oder Pappe ein, die also die Elektrizität dieser Kämmen auffangen, so beginnt die Scheibe *von selbst* zu rotiren, und zwar (von vorn gesehen) in Richtung der Bewegung eines Uhrzeigers. Die Geschwindigkeit, welche sie in kurzer Zeit erlangt, ist außerordentlich groß, möchte wohl 300 Umgänge in der Minute noch übersteigen.

Stellt man nun die Halbplatten vor der Scheibe auf, ohne sonst etwas an der Combination zu ändern, so bekommt man eine Rotation in *umgekehrter Richtung*, deren Geschwindigkeit der der früheren wenig nachsteht.

Hat man den *oberen* der vorderen Kämmen mit dem (von vorn gesehen) rechts liegenden der hinteren verbunden, so ist die Rotation ebenso stark wie vorhin, aber in beiden Fällen von *entgegengesetzter* Richtung.

Eine Vertauschung der Pole, also eine Umkehrung des Stroms, ändert dagegen an dem Sinn der Rotation nichts.

Ebenso ist es gleich, ob die Kämme die *radiale*, *schiefe* oder *tangentielle* Lage haben.

Glasplatten eignen sich zu diesem Versuch am besten. Er gelingt aber auch ganz gut mit Papptafeln, und, freilich minder gut, selbst mit Metallplatten, wenn sie der Scheibe nur nicht zu nahe stehen, ebenso wie mit belegten Glasplatten, deren Belege der Scheibe zugewandt sind.

Vier Kämme sind nicht unumgänglich nothwendig für diesen Versuch; es genügen schon drei. Von den hinteren kann der positive oder der negative fehlen, kann auch durch eine Halbplatte von Glas, Pappe und selbst Metall, wenn sie der Scheibe nur nicht zu nahe steht, ersetzt werden. Doch ist in allen diesen Fällen das Phänomen weniger intensiv.

Nicht zu übersehen ist, daß die Versetzung der Platten aus der hinteren Stellung in die vordere, welche bei dem eben beschriebenen Versuch eine Umkehrung der Rotation zur Folge hatte, zugleich mit einer andern Modification verknüpft war, indem die Platten in der vorderen Stellung freistanden, ohne daß ihnen Kämme auflagern. Versetzt man auch die hinteren Kämme nach vorn, so daß sich also alle vier Kämme und die Platten an der Vorderseite der Scheibe befinden, so erhält man, wie im ersten Fall, wo die Platten und die Kämme des horizontalen Stabes hinter der Scheibe befindlich waren, eine *zeigerrechte* Rotation von der angegebenen Geschwindigkeit.

Bringt man nun wieder die Platten nach hinten, ohne sonst an der Combination etwas zu ändern, so kommt man auf den schon behandelten Fall zurück, hat bei radialer Stellung der Kämme Rotation in beiden Richtungen, und bei schiefer bloß in *einer*.

V.

Metallplatten, obwohl im Ganzen wie Platten von Glas oder Pappe wirkend, verhalten sich doch, wie schon gesagt, in einigen Beziehungen abweichend.

Eine volle Glas- oder Papptafel ist so wirksam wie zwei Halbplatten desselben Materials. Eine volle Zinkplatte aber,

isolirt oder nicht, hinter der Scheibe aufgestellt, etwa 5 bis 6 Linien von ihr entfernt, hat wenig Einfluss auf die Rotation, vielleicht gar keinen.

Bringt man sie indessen näher, so hat man die Erscheinung, dass aus der Rückseite der Scheibe, in der Nähe der Kämme, kleine Funken in Unzahl unter lautem Geprassel auf die Zinkplatte überspringen.

So lange die Scheibe ruht, erscheinen diese Fünkchen nicht, trotz unausgesetzter Hinzuleitung von Elektrizität; so wie man aber die Scheibe in Bewegung setzt, kommen sie sogleich zum Vorschein, und dabei zeigt sich der Umstand, dass sie bei langsamer Rotation kräftiger und zahlreicher sind als bei schneller. Bei einem gewissen Abstand der Zinkplatte von der Scheibe können sie wohl ganz verschwinden, wenn letztere schnell rotirt.

Diese Fünkchen haben einen verzögernden Einfluss auf die Rotation, und es bedarf daher eines ziemlich starken Impulses, um die Scheibe dauernd in Bewegung zu setzen. Hat sie aber einmal eine gewisse Geschwindigkeit erreicht, so hemmen die Fünkchen die Rotation nicht mehr, wenn gleich sie dieselbe immer noch etwas verzögern mögen.

Sehr eigenthümlich ist der Einfluss, den diese Fünkchen an der Hinterseite der Scheibe auf die Licht-Erscheinungen an den Kämmen der Vorderseite ausüben. Dieselben erhalten eine ganz ungewöhnliche und unregelmässige Gestalt, erscheinen unruhig und zeitweise hell aufsprühend. Wenn man den positiven Kamm näher betrachtet, so findet man, dass an demselben zweierlei Licht auftreten, lange schwach leuchtende Pinsel und helle Punkte an der Spitze des Kammes. Es sieht fast aus, wie wenn dieser Kamm gleichzeitig oder rasch abwechselnd beide Elektrizitäten ausströmt. Ähnliches zeigt der negative Kamm.

Um nicht durch die Funken an der Hinterseite der Scheibe in der Beobachtung dieser sonderbaren Erscheinung gestört zu seyn, habe ich den Versuch mit der Ebonitscheibe wiederholt, die, weil sie schwarz und undurchsichtig ist, blofs die Vorgänge an ihrer Vorderseite zeigt. Das Phäno-

men, auf dessen Erklärung ich hier übrigens nicht eingehen will, trat aber ziemlich in derselben Weise auf.

Statt der ganzen Zinkplatte können nun auch zwei verticale Halbplatten desselben Metalls genommen werden. Stellt man sie zunächst hinter der Scheibe auf, isolirt oder nicht, und getrennt von einander durch einen zollbreiten Raum, so beobachtet man Folgendes.

Mit zwei Kämmen in radialer oder in tangentieller Lage am horizontalen Stabe, die also der Mitte der Platten gegenüberstehen, hat man eine sehr verstärkte Rotation. Dasselbe ist der Fall bei schiefer Lage derselben,* und merkwürdig genug, rotirt die Scheibe, nach einem Impuls, beinahe gleich gut in beiden Richtungen.

Bringt man nun die Kämme am verticalen Stabe an, so daß sie dem Zwischenraum beider Halbplatten gegenüberstehen, so hat man ihrer radialen und selbst in ihrer tangentiellen Lage ebenfalls Rotationen in beiden Richtungen, begleitet von Funken zwischen Scheibe und Platten.

Versetzt man hierauf die Kämme in die schiefe Lage, so zeigt sich das interessante Schauspiel, daß die Scheibe entweder ganz *von selbst* oder nach einer sanften Erschütterung des Apparats in Rotation geräth, und zwar nur in der mehrmals bezeichneten Richtung. In der entgegengesetzten findet selbst nach einem Impuls keine andauernde Rotation statt. In beiden Fällen wird übrigens die Bewegung der Scheibe von einem lebhaften Funken-Uebergang zwischen ihr und den Platten begleitet, wenn letztere ihr etwas nahe stehen.

Statt der Zinkplatte kann man auch Glasplatten anwenden, die einseitig mit Staniol belegt werden. Ich bediente mich einer ganzen Platte, deren Belegung in horizontaler und verticaler Richtung durch einen unbelegten Streifen von Zollbreite in vier Theile zerfällt worden. Wollte ich diese quadrantale Belegung in eine hemiale verwandeln, so füllte ich zwei der freigelassenen Streifen durch Staniol aus.

Werden der Scheibe die Belege dieser Platte zugewandt, so sind die Erscheinungen nicht viel anders als bei soliden

Zinkplatten; werden sie ihr aber abgewandt, so treten einige Verschiedenheiten auf.

So z. B. bei der quadrantal belegten Platte. Stellt man sie hinter der Scheibe auf, und vor derselben zwei diametrale Kämme, entweder am verticalen oder am horizontalen Stabe, so ist der Einfluss der Lage der Kämme so gut wie vernichtet. Die Scheibe rotirt, nach einem Impuls, in *beiden* Richtungen mit bedeutender und ziemlich gleicher Geschwindigkeit, die Kämme mögen die radiale, die schiefe und selbst die tangentielle Lage haben, ungeachtet im letzteren Fall die positiven Lichtpinsel kaum wahrzunehmen sind.

Stellt man aber vier Kämme vor der Scheibe auf, und combinirt sie zu zweien, gleich viel auf welche Weise, so ist der erwähnte Einfluss wieder hergestellt. Die Scheibe rotirt bei der schiefen Lage am schnellsten und nur in der einen mehrmals bezeichneten Richtung, während bei tangentieller Lage der Kämme gar keine anhaltende Rotation erfolgt.

Ein Fall, in welchem die Wirkung der Nebenplatten sehr in die Augen springt, ist noch der, wo man vor der Scheibe zwei Kämme in quadrantalem Abstand anbringt.

Für sich geben die so gestellten Kämme, wie schon anfangs bemerkt, nur eine schwache Rotation in *beiden* Richtungen. Hat man aber Nebenplatten hinter der Scheibe angebracht, so bekommt man eine *starke* Rotation in der *einen* Richtung, und *keine* in der andern. Befindet sich der eine Kamm *oben* und der andere (von vorn gesehen) rechts, so rotirt die Scheibe schraubenrecht oder wie ein Uhrzeiger, wogegen die Rotation in umgekehrter Richtung erfolgt, wenn er sich an der linken Seite befindet. Dabei ist es gleichgültig, ob die Kämme die radiale oder tangentielle Lage haben, aber am stärksten ist der Unterschied ihrer Wirkung nach beiden Seiten in der schiefen Lage. Auch die Richtung des Stroms ist ohne Einfluss.

Papptafeln und unbelegte Glastafeln zeigen diese Wirkung *nicht*, wohl aber belegte, die Belege mögen der Scheibe

in- oder abgewandt seyn. Am besten jedoch wirken Zinktafeln, wenn sie isolirt sind.

Andere Particularitäten übergehe ich hier, um nicht zu weitläufig zu werden.

Dagegen muß ich noch erwähnen, daß es bei Anwendung von Zinkplatten oder belegten Glasplatten, ganz wie bei Anwendung von Isolatoren, gar nicht nöthig ist, sie von solcher Größe zu nehmen, daß sie die ganze oder halbe Glasscheibe bestreichen.

Zinkscheiben von 6 und selbst von 4 Zoll Durchmesser, die also respective nur $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{16}$ des Flächeninhalts der drehbaren Glasscheibe besitzen, isolirt oder nicht, am horizontalen Stabe befestigt, während der verticale zwei Kämme trägt, gewähren eine sehr bedeutende Rotationsgeschwindigkeit. Selbst eine einzige solcher kleinen Scheiben wirkt nicht viel schwächer.

VI.

Die Wirkung der Nebenplatten brachte mich auf die Idee, die Spitzenkämme, von welchen man für gewöhnlich die Elektricität ausströmen läßt, zu ersetzen durch kleine, der drehbaren Glasscheibe parallel gestellte Metallscheiben. Ich habe solche Scheibchen, aus dünnem Zinkblech geschnitten, von zwei und von vier Zoll Durchmesser angewandt.

So lange die große Glasscheibe frei auf ihrer Axe schwebt, haben diese Metallscheibchen wenig oder keine Wirkung auf sie. So wie man aber Halbplatten von Pappe oder Glas vor oder hinter ihr aufstellt, bekommt man, nach einem kleinen Impuls, eine andauernde Rotation in beiden Richtungen, so lebhaft wie sie kaum besser bei Anwendung von Spitzenkämmen zu erlangen ist.

Volle Nebenplatten, hinter der Scheibe aufgestellt, haben dagegen diese Wirkung nicht. Es ist nothwendig, daß die Scheibchen entweder zwischen den Halbplatten stehen oder deren Zwischenraum gegenüber.

Recht artig ist die Licht-Erscheinung, welche im ersteren Fall die Rotation begleitet. Statt der parallelen Lichtpinsel,

die vom positiven Spitzenkamm rechtwinklig gegen dessen Länge hervorbrechen, hat man nämlich fächerartig ausgebreitete, gleichsam einen Heiligenschein bildend, hauptsächlich an derjenigen Seite des Scheibenrandes, welche der Bewegung entgegen liegt; doch fehlen sie auch an der anderen Seite nicht. Aehnlich verhält es sich mit den Lichtpunkten am Rande des negativen Scheibchens. Dabei ist ein fortwährendes Zischen hörbar, welches aus dem Ueberspringen kleiner Funken von dem Metall zum Glase entsteht.

Ich habe die Spitzenkämme auch durch *Blechstreifen* ersetzt, die, an den Hülsen dieser Kämme befestigt, rechtwinklig gegen die Ebene der Scheibe aufgestellt wurden.

Für sich allein bewirken diese Bleche keine Rotation, weder in radialer, noch in schiefer Lage.

Waren aber Glasplatten hinter der Scheibe angebracht, so erfolgte bei *schiefer* Lage der Bleche eine *sehr starke* Rotation in der oftmals angegebenen Richtung, während bei radialer Lage derselben die Rotation ausblieb.

Standen endlich die Glasplatten vor der Scheibe, so trat zwar wiederum bei radialer Lage der Bleche keine Rotation ein, aber dafür erfolgte sie sehr stark in *beiden* Richtungen, wenn die Bleche schief gestellt waren.

VII.

Wenn man nun nach allen diesen Einzelheiten die Frage aufwirft, was denn die Ursache der beschriebenen, die Rotation bald einseitig, bald doppelseitig verstärkenden Wirkung der Nebenplatten sey; so scheint es natürlich darauf die Antwort zu geben, dafs es die Elektrisirung sey, welche diese Platten seitens der rotirenden Scheibe und auch der Kämme erfahren.

Wirklich läfst sich auch diese Elektrisirung in einigen Fällen ganz entschieden nachweisen.

Stehen isolirte Halbplatten von Zink hinter der rotirenden Scheibe, hinreichend entfernt von dieser, um keine Funken von ihr zu erhalten, so geben sie doch bei der Berührung kleine Funken, und, wenn sie einander hinreichend

nahe stehen, springen solche in ununterbrochener Folge zwischen ihnen über. Außerdem werden sie von der Scheibe angezogen.

Ein anderer Fall ist dieser. Man stelle der Glasscheibe am verticalen Stabe zwei Kämme in radialer Lage und an derselben Seite am horizontalen Stabe zwei kleine Zinkscheiben etwa von 6 Zoll Durchmesser gegenüber, lasse durch den oberen Kamm positive und durch den unteren negative Elektricität ausströmen. Ertheilt man nun der Scheibe durch einen Impuls eine schraubenrechte Rotation, so wird (von vorn gesehen) ihre linke Seite mit negativer, und ihre rechte mit positiver Elektricität bekleidet.

Die isolirt davorstehenden Zinkscheibchen steigern diese Rotation bald sehr ansehnlich, und prüft man sie mit dem Elektrometer, findet man das Scheibchen *linker Hand positiv*, und das andere *negativ* (indem aus seinem Stiel das erstere negative und das letztere positive Elektricitäten entläßt, was man durch gegenseitige Verbindungen beider Scheibchen befördern kann).

Sie haben also entgegengesetzte Elektricitäten in Bezug auf die sich ihnen *nähernden* Scheibentheile, müssen folglich dieselben anziehen und somit die Rotation verstärken. Diese Erklärung würde vollständig seyn, wenn man zugleich nachweisen könnte, weshalb die von den Zinkscheibchen *fortgehenden* Glastheile die Rotation nicht hemmen. Man kann nur vermuthen, daß diese letzteren entweder in schwächerem Grade ungleichnamig mit den Zinkscheibchen elektrisirt sind oder schon gleichnamig mit denselben. Bestimmter liefse sich darüber nur urtheilen, wenn man die Vertheilung der Elektricität auf der rotirenden Scheibe genau kennte, die aber sehr schwer zu ermitteln ist.

Ein dritter Fall, in welchem die erwähnte Elektrisirung in ganz interessanter Weise auftritt, ist folgender.

Ich besitze eine quadratische Glasplatte von 17 Zoll Seite und 1 Lin. Dicke, die ein sehr guter Isolator ist. Stelle ich diese hinter die Scheibe, die darauf durch zwei diametrale Kämme in horizontaler Lage und durch einen Impuls zur

Rotation gebracht wird, so übt sie anfangs so gut wie keine Wirkung aus; nach und nach beginnt sie aber zu wirken und in kurzer Zeit steigert sich ihre Wirkung dermaßen, daß die Rotation fast ihr mögliches Maximum erreicht. Halte ich nun die Scheibe an und lasse sie nach einer Weile wieder los, so beginnt sie *freiwillig* in derselben Richtung zu rotiren; ja wenn ich ihr durch einen mechanischen Impuls die umgekehrte Bewegung einpräge, kommt sie bald zum Stillstand und erneut darauf die Rotation im anfänglichen Sinne.

Hier ist also die ursprünglich indifferente Glasplatte durch die rotirende Scheibe zu einer Wirksamkeit gebracht, die jener der eben erwähnten Zinkscheiben noch übertrifft, da man mit letzteren keine einseitige und freiwillige Rotation erhält.

Eine Prüfung mit dem Elektrometer zeigt übrigens, daß die Glasplatte hinter der positiven Scheibenhälfte negativ und hinter der negativen Hälfte positiv ist, und zwar in der Mitte beider Hälften am stärksten.

Die Erklärung der Rotation würde hier also wie bei den Zinkscheiben ausfallen, aber ebenso mangelhaft seyn wie bei jenen.

Wie wohl nun in diesen und ähnlichen Fällen die Elektrisirung der Nebenplatten ganz unzweifelhaft ist, so habe ich doch auch andere Fälle beobachtet, wo ich sie trotz aller Sorgfalt platterdings nicht nachzuweisen vermochte.

Es gilt diess zunächst von Papptafeln, ungeachtet sie eine ebenso große Rotationsgeschwindigkeit hervorbringen wie Glasplatten.

Es gilt diess aber auch bisweilen von letzteren. Bei der S. 528 beschriebenen automatischen Rotation, bei welcher zwei Kämme vor, und zwei Kämme hinter der Scheibe standen und Halbplatten von Glas eingeschoben wurden, erwiesen sich diese, unmittelbar nach der Rotation geprüft, ganz unelektrisch, sie mochten gefirnisset seyn oder nicht.

Ich muß gestehen, daß ich durch diese Thatsachen einigermaßen zweifelhaft geworden bin, ob in der That die

Nebenplatten ihre grofse Wirksamkeit alleinig oder hauptsächlich durch die Elektrisirung erhalten. Es könnte z. B. seyn, dafs sie auch dadurch wirkten, dafs sie das Entweichen der Elektricität von der rotirenden Scheibe verhinderten oder verringerten. Möglich wäre es übrigens, dafs die Platten, in Fällen, wo ich sie nicht elektrisch finden konnte, es dennoch während der Rotation waren. Die Anziehung, welche selbst Papptafeln seitens der rotirenden Scheibe erfahren, scheint dafür zu sprechen, wenn sie nicht andererseits Folge der Luftverdünnung ist, die durch die Centrifugalkraft zwischen den Tafeln und der Scheibe entstehen mufs.

Ueber diese und andere Zweifel können nur fernere Versuche entscheiden, die auch die Frage zu beantworten hätten, ob die Influenz unabhängig sey von der Bewegung der Körper oder nicht.

VIII.

Es ist nicht blofs die Richtung und Stärke der Rotation, in deren Abänderung sich die Wirkung der Nebenplatten ausspricht: sie äufsert sich auch in anderer Weise z. B. in den Erscheinungen, welche eintreten, wenn man die drehbare Scheibe auf der Rückseite mit Stanniol belegt.

Dehnt sich diese Bewegung über die ganze Rückseite aus, so bekommt man keine Rotation. Gleiches ist der Fall, wenn sie einen geschlossenen Ring bildet, dessen Breite gleich ist der Länge der Spitzenkämme. Hat dieser Ring aber zwei diametrale Unterbrechungen, so erfolgt eine Rotation, die freilich bei Anwendung von nur zwei Kämmen auch nur eine mäßige ist.

Wendet man aber vier Kämmen an, vorn zwei am verticalen Stabe und hinten zwei am horizontalen, schiebt zwischen den beiden letzteren und der Scheibe zwei Glasplatten ein und verbindet sie nun in der Weise mit dem vorderen und der Maschine, dafs der obere und der (von vorn gesehen) links liegende positive, und die beiden anderen negative Elektricität ausströmen, so erhält man eine lebhaftere Rotation im Sinne der Bewegung eines Uhrzeigers.

Hiebei werden nun die beiden Halbringe von Stanniol auf der Rückseite der Scheibe durch Influenz abwechselnd mit positiver und negativer Elektricität versehen, und es springen demgemäfs, wenn der Abstand zwischen ihnen nicht zu grofs genommen ist, hell leuchtende Funken in schneller Folge von einem zum anderen.

So lange die Rotationsgeschwindigkeit eine mäfsige ist, hat die Erscheinung nichts Ungewöhnliches. Man sieht nur die beiden Funkenorte im Kreise herumgehen.

So wie aber die Geschwindigkeit einen solchen Grad erreicht hat, dafs die Scheibe in der Zwischenzeit des Ueberspringens zweier Funken um ein Beträchtliches vorgerückt ist, erblickt man jeden Funken gesondert an einem anderen Orte, und vermöge der bekannten Dauer der Lichteindrücke auf unser Auge hat man dann das interessante Schauspiel eines ganzen Ringes von helleuchtenden Funken.

Auf solche Weise können wohl an 50 Funken in Gestalt kurzer und gegen die Circumferenz etwas geneigter Lichtlinien zur gleichzeitigen Anschauung gebracht werden, so lange man die Wirkung der Elektricität unterhält. Alles hängt dabei von dem Verhältnifs der Rotationsgeschwindigkeit zur Geschwindigkeit des Aufeinanderfolgens der Funken, also zur Elektricitätsmenge ab; bei gleicher Rotation, vermehrt oder vermindert, erscheinen auch die Funkenlinien mehr oder weniger zusammengedrängt und zahlreich.

Deutlich sieht man hiebei, dafs die Nebenplatten nicht allein die Rotationsgeschwindigkeit vergrößern, sondern auch den Glanz der Funken beträchtlich erhöhen.

Papptafeln statt den unbelegten Glastafeln zu diesem Versuche angewandt, ändert an der Erscheinung wenig oder nichts. Nimmt man aber Glasplatten, die an der der Scheibe zugewandten Seite belegt sind, so erweist sich die Intensität der Funken bedeutend verstärkt. Die Rotation ist aber nur eine schwache, und sie bedarf einer mechanischen Nachhülfe, um das Funkenphänomen in seiner vollen Ausbildung zu zeigen. Auch dürfen die besagten Tafeln der Scheibe nicht zu nahe stehen, weil sonst Funken von ihnen zu die-

ser überspringen, welche die Funken zwischen den Stan-
niolbelegen, um die es hier sich handelt, beeinträchtigen und
unterdrücken.

Uebrigens ist noch zu bemerken, dafs, so lange die
Scheibe ruht, keine Funken zwischen ihren Belegen über-
springen, ungeachtet diese der influencirenden Wirkung der
Kämme, welche Elektrizität auf die Vorderseite ausströmen,
fortdauernd ausströmen, fortdauernd ausgesetzt sind. Erst
bei der Bewegung der Scheibe kommen die Funken zum
Vorschein.

IX.

Zum Studium des in Rede stehenden Rotationsphäno-
mens ist der zu dieser Untersuchung benutzte Rotations-
Apparat nicht gerade unumgänglich nothwendig; man kann
statt seiner auch eine gewöhnliche Holtz'sche Elektrisir-
maschine anwenden. Dieselbe gestattet freilich nicht alle
die Combinationen, welche der beschriebene Apparat zuläfst,
zeigt aber dafür Anderes, auf dessen Beobachtung ich diesen
Apparat wenigstens bis jetzt nicht eingerichtet habe. Ich
meine die Wirkung der *gezahnten Belege* und des *schrägen*
Conductors.

Wendet man die Maschine in der einfachsten Gestalt
an, d. h. versehen blos mit kleinen Belegen und zwei Kä-
mmen in radialer Lage, so kommt die Scheibe, nach einem
anfänglichen Impuls, in dauernde Rotation, wenn man Elek-
tricität auf sie einströmen läfst. Ein Unterschied in den
Richtungen ist kaum zu bemerken, wiewohl es scheint, als
ginge die Rotation im Sinne der Zähne der Belege etwas
leichter und schneller von Statten als in umgekehrter Rich-
tung, gegen diese Zähne.

Ist ja ein Unterschied in dieser Beziehung vorhanden,
so wird er vollends verwischt, wenn man den *schrägen*
Conductor anlegt, also vier Kämme auf die bekannte Weise
gegen eine Seite der Scheibe in radialer Lage aufstellt.

Wesentlich anders gestaltet sich aber die Erscheinung,
sowie man, mit Beibehaltung des *schrägen Conductors*, die

Belege der ruhenden Scheibe bis ihm gegenüber verlängert. Dann rotirt die Scheibe nur in *einer* Richtung, in Richtung der Zähne der Belege, manchmal sogar ohne anfänglichen Impuls. Setzt man sie mechanisch in entgegengesetzte Rotation, so kommt sie nach wenigen Umgängen zur Ruhe und kehrt dann wohl ihre Bewegung freiwillig um.

In angegebener Richtung ist die Rotation relativ sehr kräftig, denn sie kommt, freilich erst nach einem Impuls, noch ganz gut zu Stande, wenn auch die Schnurläufe der Maschine, deren die angewandten zwei auf drei wenig beweglichen Rollen besitzt, nicht entfernt worden sind. Nur dürfen diese Schnurläufe nicht zu stark gespannt seyn. Nach Entfernung derselben ist aber die Rotation nicht allein eine automatische, sondern auch ihre Geschwindigkeit eine ungemein viel größere, so groß wie sie überhaupt auf irgend eine andere Weise nur zu erlangen ist.

Offenbar haben die Zähne der Belege einen vorwaltenden Antheil an der Entstehung der einseitigen Rotation. Indefs sind sie nicht unumgänglich nothwendig. In schwächerem Grade habe ich diese Rotation auch zu Stande kommen sehen, als die ruhende Platte zwar Belege, aber keine Zähne hatte.

Andrerseits hat der schräge Conductor einen wesentlichen Einfluß auf den Sinn der Rotation. Ich machte diese Erfahrung, als ich die beiden Holtz'schen Maschinen, die zu diesem Versuche benutzt wurden, gegeneinander vertauschte.

In dem Bisherigen war nämlich die getriebene Maschine eine der älteren Art, an welcher der schräge Conductor eine feste Lage besitzt, und zwar so, daß er, von vorn gesehen, nach der *linken* Seite hin einen Winkel von 45° mit der Verticalen macht.

An der Maschine neuerer Art ist der schräge Conductor drehbar, und als ich sie zur *getriebenen* Maschine nahm, zeigte sich, daß das Resultat des Versuches wesentlich von der Stellung dieses Conductors abhängt.

Gab ich demselben die eben bezeichnete Lage, so erfolgte die Rotation, wie vorhin im Sinne mit den Zähnen

d. h. von vorn gesehen, entgegen der Bewegung eines Uhrzeigers. Neigte ich ihn aber nach der anderen Seite um 45° gegen die Verticale, so vermochte die Scheibe in beiden Richtungen zu rotiren.

Deß ungeachtet ist es aber nicht die Stellung des Conductors an sich, welche diesen Unterschied hervorruft, sondern seine Stellung zu den Belegen an der Hinterseite der ruhenden Platte.

Haben diese Belege nur die Breite von einem Paar Zoll, so ist die Stellung des Conductors ganz gleichgültig, weil sie ihm nie gegenüber zu stehen kommen; stets erhält man die Rotation in beiden Richtungen. Sind sie aber durch angelegtes Papier bis zu einem Octanten oder Quadranten verlängert, so stehen sie dem Conductor bei seiner links geneigten Lage gegenüber, bei der rechts geneigten nicht, und demgemäß erhält man bei der ersten Lage eine einseitige Rotation und bei der zweiten eine beiderseitige. Haben die Belege die Gröfse eines Quadranten, so giebt selbst die lothrechte Stellung des Conductors eine einseitige Rotation.

In ähnlicher Weise, wie sich eine Holtz'sche Maschine der ersten Art durch eine andere derselben Art in Rotation versetzen läßt, kann es auch mit einer Maschine der zweiten Art geschehen, wobei denn die interessante Erscheinung eintritt, dafs beide Scheiben derselben in entgegengesetzten Richtungen rotiren. Es war gerade dieser Fall, bei welchem Hr. Holtz das neue Rotationsphänomen entdeckte.

Ich habe diesen Fall nicht näher untersucht, weil ich bei Wiederholung desselben die Beobachtung machte, dafs mitunter auch beide Scheiben, wenn Funken zwischen ihnen überspringen, in gleichem Sinne rotiren, und dafs, um diese Störung zu vermeiden, es nöthig ist, den gegenseitigen Abstand beider Scheiben zu vergrößern, worauf aber meine Maschine nicht eingerichtet ist.

X.

Dagegen habe ich die Untersuchung nach einer anderen nicht uninteressanten Seite hin erweitert, indem ich die

Frage zu beantworten suchte, ob das in Rede stehende Rotationsphänomen auf eine einzige Scheibe beschränkt sey oder nicht.

Der Versuch entschied für den letzteren Fall, zeigte nämlich, dafs durch einen und denselben Strom gleichzeitig mehrere Scheiben in ganz kräftige Rotation versetzt werden können, und zwar auf zweierlei Weise, entweder indem man den Strom verzweigt und jeder Scheibe einen Bruchtheil der von der Maschine gelieferten Elektricität zuführt; oder indem man sie hintereinander der Wirkung des Stromes aussetzt.

Im ersten Fall kann die Zahl der gleichzeitig in Rotation versetzten Scheibe vermuthlich eine ziemlich beträchtliche seyn. Alles hängt von der Beweglichkeit der Scheiben und von der Stärke des Stromes ab.

Im zweiten Fall, welcher der interessantere ist, ist aber wahrscheinlich diese Zahl auf *zwei* beschränkt, weil dann nur zwei Scheiben direct mit der Maschine verbunden werden können, die übrigen ihre Verbindung bloß durch Zwischendrähte erhalten würden.

Wenn man den Versuch mit *zwei* Scheiben anstellt, also der einen positive und der anderen negative Elektricität zuführt, und die zweiten Kämme dieser Scheiben unter sich verbindet, so kommen beide Scheiben, entweder freiwillig oder nach einem Impuls, in andauernde Rotation, ganz nach Belieben entweder in gleichen oder entgegengesetzten Richtungen, und zwar sehr lebhaft.

Es rotirt aber auch schon die *eine* Scheibe, obwohl schwächer, wenn man die andere anhält; ja es rotiren sogar beide, wenn man auch die Verbindung zwischen ihnen unterbricht, so dafs es den Anschein hat, als genügte schon *eine* Elektricität, um die Rotation hervorzurufen.

Dennoch sind die zweiten Kämme, welche keine Elektricität von der Maschine empfangen, nothwendig. Denn entfernt man sie, hört die Rotation auf.

Sie hört selbst auf, wenn man diese Kämme an ihren Orten läßt, ohne in ihren Stielen einen Draht einzuklemmen.

Hat man aber einen Draht eingeklemmt, der frei in der Luft endet, so kommt die Rotation wiederum zum Vorschein. Besonders lebhaft ist dieselbe, wenn das freie Ende des Drahts mit einem Spitzenkamm versehen oder ableitend mit dem Boden verbunden ist.

Der Grund dieser Erscheinungen ist unschwer einzusehen.

Gesetzt, man habe zwei diametrale Kämme an der Scheibe. Empfängt der Kamm *a* positive Elektricität, während der andere *b* abgeleitet ist, so wird die Scheibe nach einem Impuls, der unter diesen Umständen nothwendig ist, mit positiver Elektricität bekleidet. Diese influencirt den Kamm *b*, lockt negative Elektricität aus ihm hervor, die nun in derselben Weise wirkt, wie wenn sie direct von der Maschine geliefert worden wäre. Ohne Fortschaffung der positiven Elektricität aus dem Stiele des Kammes kann diese Influenz begreiflich nicht wirksam zu Stande kommen, und darum ist die Einsetzung eines ableitenden Drahtes nothwendig.

Da übrigens der Kamm *a* auch auf der Rückseite der Scheibe positive Elektricität frei macht, so kann der Kamm *b* auch dort angebracht werden, aber die Rotation ist dann schwächer.

Aehnlich verhält es sich mit der zweiten Scheibe, wenn ihrem Kamme *a* negative Elektricität zugeführt, und die Hülse ihres Kammes *β* mit einem ableitenden Draht versehen wird.

Verbindet man nun die Kämme *b* und *β* beider Scheiben durch einen Draht, so ist klar, daß die Wirkungen einander unterstützen müssen, indem der eine Kamm die Ableitung für den andern bildet, sobald beide Scheiben rotiren.

Nun kann zwar, wie schon gesagt, die eine Scheibe angehalten werden, ohne dadurch die Rotation der anderen sonderlich zu beeinträchtigen, allein dabei ist doch nöthig, daß der festgehaltenen Scheibe Elektricität aus der Maschine

zugeführt werde. Geschieht das nicht, so kommt die andere Scheibe bald zum Stillstand.

Dies beruht wohl darauf, daß z. B. der Kamm β die vom Kamm b empfangene positive Elektricität nur dann gegen die ruhende Scheibe dauernd auszuströmen vermag, wenn dieselbe mit negativer Elektricität bekleidet wird, und das muß also von dem mit der Maschine verbundenen Kamm α aus selbst bei Ruhe der Scheibe stattfinden.

Was diese Ansicht unterstützt, ist der Umstand, daß der Verbindungsdraht zwischen b und β , welcher, während a und α mit der Maschine verbunden sind, sich nur schwach elektrisch erweist, sogleich sehr stark elektrisch wird, sowie man einen der letzteren Kämme von der Maschine abtrennt.

Endlich sey hier nach einer interessanten Abänderung der eben beschriebene Versuche gedacht. Verbindet man nämlich die erste Scheibe direct mit der Maschine durch zwei diametrale Kämme, denen gegenüber man auf der Rückseite dieser Scheibe zwei andere diametrale Kämme aufstellt hat, welche durch Drähte zu den Kämmen einer zweiten Scheibe führen, so gerathen, nach einem Impuls, beide Scheiben in anhaltende Rotation.

Hier ist es also die *secundäre* Elektricität der ersten Scheibe, welche die zweite in Bewegung setzt. In ähnlicher Weise könnte man eine *dritte* Scheibe durch die ternäre Elektricität der zweiten, eine *vierte* durch die quaternäre der dritten usw. in Rotation versetzen, könnte also, ideell genommen, fast die ganze Menge der von der Maschine gelieferten Elektricität in mechanische Arbeit verwandeln.

XI.

Aus der Gesamtheit der hier mitgetheilten Thatsachen, die noch lange nicht alle von mir beobachteten umfaßt, wird, glaube ich, zur Genüge hervorgehen, welche Mannigfaltigkeit von verwickelten und zu Theil räthselhaften Erscheinungen mit dem beschriebenen Rotationsphänomen verknüpft ist. Schon jetzt eine vollständige Theorie derselben aufstellen zu wollen, wäre, meiner Meinung nach, ein ver-

gebliches Bemühen. Ich habe deshalb auch keinen Versuch der Art gemacht, sondern mich darauf beschränkt, das Thatsächliche festzustellen und Einzelnes zu erläutern, so weit ich es vermochte.

Dagegen kann ich nicht umhin, hier noch eine Schlussbemerkung anzureihen.

Ohne Widerrede ist das Holtz'sche Rotationsphänomen das kräftigste, welches man bisher durch sg. Reibungselektricität hervorgebracht hat. Dennoch wäre es eine sanguinische Hoffnung, wollte man glauben, es könne damit irgend ein nutzbarer mechanischer Effect erzielt werden. Dafs das nicht möglich sey, ergibt sich schon aus der Betrachtung, wie klein die hier ins Spiel gesetzte Elektricitätsmenge ist im Vergleich zu der, welche die Volta'sche Batterie entwickelt, mit der man dafsungeachtet, selbst unter Mitwirkung des durch sie erzeugten Magnetismus, doch auch noch nichts Erkleckliches ausgerichtet hat.

Mit um so gröfserem Rechte kann man daher die Behauptung aussprechen, dafs die älteren Rotationsapparate dieser Art noch weniger im Stande waren, eine irgend erhebliche mechanische Kraft zu erzeugen. Franklin freilich wollte an seinem *elektrischen Bratenwender* einen Truthahn braten, aber er *wollte* es nur; nirgends sagt er, dafs er es gethan habe. Hätte er den Versuch gemacht, würde er sich bald von der Erfolglosigkeit desselben überzeugt haben¹⁾.

1) In Priestley's *History of Electricity*, p. 572 (und daraus in der Uebersetzung von Krünitz, S. 378) wird erzählt, Franklin habe 1748 ein elektrisches Gastmahl gegeben. Dabei sey ein indianischer Hahn durch den elektrischen Schlag getödtet, an den elektrischen Bratenwender gesteckt und an einem durch die elektrische Flasche angemachten Feuer gebraten; dann habe man unter dem Donner einer Entladung der elektrischen Batterie die Gesundheit aller berühmten Elektrisirer in England, Holland, Frankreich und Deutschland aus elektrisirten Pokalen ausgebracht. Vergleicht man aber mit dieser Erzählung die Stelle in Franklin's *Experiments and observations on Electricity* (London 1769, p. 37), aus welcher sie genommen ist, so sieht man sogleich, dafs Priestley aus einem blofsen Scherz, wie er in jener Zeit wohl gestattet war, fälschlich eine Thatsache gemacht hat. Denn Franklin

Die Elektrizitätsmenge, die zur einmaligen Ladung seines Bratenwenders — einer drehbaren Glasscheibe mit einer Belegung von 13 Zoll Durchmesser — erforderlich ist, ist nicht nur an sich eine so geringe, daß sie von der Holtz'schen Maschine wenigstens 30 bis 40 Mal in der Minute geliefert wird, sondern muß auch im Laufe der successiven Entladungen der Scheibe bald auf eine so winzige GröÙe herabsinken, daß sie unmöglich einen bedeutenden mechanischen Nutz-Effect gewähren kann. Was Franklin selbst von der Leistungsfähigkeit seines Apparates anführt, widerspricht dem nicht ¹⁾. Eine horizontale Scheibe, selbst beschwert mit 100 Piastern, auf einer Spitze 20 Mal in der Minute umzudrehen (noch dazu vermuthlich nicht ohne Beihülfe eines anfänglichen Impulses), erfordert nur eine sehr geringe Kraft, die sich nicht messen kann mit der, welche auf horizontaler Axe eine ungefähr gleich große Scheibe und selbst ein halbes Dutzend derselben automatisch zu 300 Umgängen in der Minute zwingt, und zwar ohne Abnahme, so lange es dem Experimentator beliebt. Ueberdies kommt in dem Franklin'schen Apparat die Rotation auf eine so plane Weise durch das Spiel der elektrischen Anziehungen und Abstofsungen zu Stande, daß er heutigen Tages ganz ohne wissenschaftliches Interesse ist ²⁾.

sagt von dem Gastmahl nur *«it is proposed»* und weiterhin: *a turkey, is to be killed, roasted by the electrical jack, etc.*, wogegen Priestley sich erlaubt zu sagen: *a turkey was killed, roasted etc.* Schwerlich dürfte es auch den Gästen einen angenehmen Genuß bereitet haben, den Wein aus elektrisirten Pokalen (d. h. geladenen Leidner Flaschen) zu trinken, sich also einen elektrischen Schlag in den Mund geben zu lassen.

1) Ann. Bd. 132, S. 479.

2) Franklin's Glasscheibe hatte eine Belegung von etwa 117 Quadratzoll auf jeder Seite und wurde ein Mal geladen. Zwei Flaschen, jede von 73, zusammen also von 146 Quadratzoll äußerer Belegung, werden von meiner Holtz'schen Maschine zwischen Kugeln von 10 Linien Durchmesser in zwei Zoll Abstand 40 Mal in der Minute geladen, und in einem Zoll Abstand sogar 60 Mal. Sie würden also in der halben Stunde, welche der Franklin'sche Versuch dauerte, respective 1200 und 1800 Entladungen geben. Daß eine solche Elektrizitätsmenge eine bei Weitem größere Kraft entwickeln muß als die im »elektrischen Bratenwender« thätige, ist wohl selbstverständlich und würde heutzutage von Franklin selber nicht geläugnet werden. — Mit einem Loth Schießpulver läßt sich nicht so viel ausrichten wie mit einem Centner.

II. Ueber die Zusammensetzung des Turmalins; von C. Rammelsberg.

(Schluss von S. 411.)

No. 16.

Schwarzer Turmalin von Dekalb, St. Lawrence Co., New-York.

Bruchstück eines grossen vielstreifigen, an beiden Enden verbrochenen Krystalls. Er ist hie und da an der Oberfläche mit Schüppchen von weissem Glimmer bekleidet, und feine Klüfte im Innern sind mit demselben dünn überzogen. Im Uebrigen ist das Mineral homogen und frisch. Das Pulver ist dunkelgrau.

V. G. = 3,195.

Das grobe Pulver verliert beim Erhitzen nur eine Spur Feuchtigkeit; setzt man es aber, in Platinfolie gehüllt, einer starken Glühhitze aus, so verwandelt es sich in eine festgesinterte schwarze Masse, wobei es 2,917 Proc. am Gewicht verliert. Das Pulver des geglühten T. ist grünlich grau.

Die Fluorbestimmung gab 0,32 Proc.

Die Eisenoxydulbestimmung im Boraxglas gab 14,5 Proc.

Die Analysen mit kohlensaurem Alkali (a) und (des geglühten) mit Fluorwasserstoffsäure (b) gaben.

	a	b
Kieselsäure	37,07	
Thonerde	30,42	33,31
Eisenoxyd	13,52	14,31
Manganoxydul	0,47	0,56
Magnesia	3,32	3,66
Natron		2,04
Kali		0,30.

Wenn $0,32 \text{ Fl} = 0,44 \text{ Si Fl}^4$, so sind $2,917 - 0,44 = 2,477 \text{ H}^2 \text{ O}$ vorhanden. Die Eisenprobe beweist, dass nur Fe anzunehmen ist.

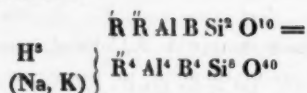
Mittel:

H ² O	2,48	=	H	0,27	27	At.
K ² O	0,30		K	0,25	0,64	7,2
Na ² O	2,04		Na	1,51	6,6	
Mg O	3,49		Mg	2,09	8,7	26,8
Mn O	0,51		Mn	0,40	0,7	
Fe O	12,55		Fe	9,76	17,4	31
Al O ³	31,86		Al	16,95		
(B ² O ³)	9,70		B	3,05		27,7
Si O ²	37,07		Si	17,30		62
	100.					

Hier ist

Al : Si	= 1 : 2	=	1 : 2	angenommen
B : Al	= 1 : 1,1		1 : 1	
Ř : Al	= 1 : 1,16		1 : 1	
Ř : Ř	= 1 : 3,7		1 : 4	

Ist Ř : H = 1 : 3 (gef. = 1 : 3,7), so folgt die Formel eines Drittelsilikats



Berechnung:

K : Na	= 1 : 9	(Mg, Mn) : Fe	= 1 : 2.
3 H	= 3	=	H ² O 2,02
0,1 K	= 3,9		K ² O 0,35
0,9 Na	= 20,7		Na ² O 2,05
1,33 Mg	= 32		Mg O 3,99 (Mn O)
2,67 Fe	= 149,3		Fe O 14,38
4 Al	= 218,4		Al O ³ 30,76
4 B	= 44		B ² O ³ 10,49
8 Si	= 224		Si O ² 35,96
40 O	= 640		100.
	1335,3.		

No. 17. (19.)

Schwarzer Turmalin von Langenbielau.

Schließt der Glühverlust von 2 Proc. $0,4 \text{ Fl} = 0,55 \text{ Si Fl}^4$
 ein, so ist die Zusammensetzung:

					At.
$\text{H}^2 \text{O}$	1,45	=	H	0,16	16
$\text{K}^2 \text{O}$	0,82		K	0,68	1,8
$\text{Na}^2 \text{O}$	1,93		Na	1,43	6,2
Ca O	0,62		Ca	0,44	1
Mg O	3,65		Mg	2,19	9
Fe O	11,64		Fe	9,05	16
Al O^3	31,63		Al	16,83	30,8
$(\text{B}^3 \text{O}^3)$	11,02		B	3,46	31
Si O^2	37,24		Si	17,38	62
	<u>100.</u>				

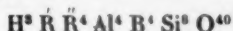
$$\text{Al} : \text{Si} = 1 : 2$$

$$\text{B} : \text{Al} = 1 : 1$$

$$\text{R} : \text{Al} = 1 : 1,18$$

$$\text{R} : \text{R} = 1 : 3,25.$$

Mit Rücksicht darauf, daß dieser T. nicht mehr ganz frisch erscheint, darf man auch für ihn die beiden letzten Proportionen $= 1 : 1$ und $1 : 3$, und demnach die Formel



annehmen.

No. 18. (15.)

Schwarzer Turmalin von Bovey-Tracy in Devonshire.

Durch neue Versuche wurden Fl, Si, Al, Fe, Mn, Mg bestimmt; ferner die GröÙe des FeO-Gehalts im Boraxglas (bouteillengrün).

Das Fluor ist $= 0,45$ Proc., entsprechend $0,616 \text{ Si Fl}^4$. Ist der Glühverlust $= 2,09$, so sind $1,47 \text{ H}^2 \text{O}$ vorhanden.

FeO gefunden 15,87 und 15,11 Proc. Die Resultate sind:

Mittel der älteren Analyse		Spätere Analyse.
H ² O		1,74
K ² O	0,65	
Na ² O	1,39	
Ca O	0,50	
Mg O	2,58	2,62
Mn O	—	0,40
Fe O	14,59	13,82
Al O ³	33,09	30,22 ¹⁾
Si O ²	37,00	37,94 ²⁾

Hiernach ist anzunehmen:

H ² O	1,74	=	H	0,19	At	19
K ² O	0,65		K	0,54	1,4	5,9
Na ² O	1,39		Na	1,03	4,5	
Ca O	0,50		Ca	0,36	0,9	27,2
Mg O	2,62		Mg	1,57	6,5	
Mn O	0,40		Mn	0,31	0,6	
Fe O	13,82		Fe	10,75	19,2	
Al O ³	30,22		Al	16,08		29,5
(B ² O ³)	10,72		B	3,37		30
Si O ²	37,94		Si	17,70		63
100.						

angenommen

$$\text{Al} : \text{Si} = 1 : 2,1 \quad 1 : 2$$

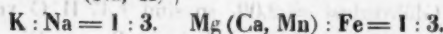
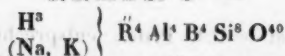
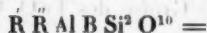
$$\text{B} : \text{Al} = 1 : 1 \quad 1 : 1$$

$$\ddot{\text{R}} : \text{Al} = 1 : 1,09 \quad 1 : 1$$

$$\dot{\text{R}} : \ddot{\text{R}} = 1 : 4,6 \quad 1 : 4$$

$$\dot{\text{R}} : \text{H} = 1 : 3,2 \quad 1 : 3$$

Formel:



1) Direct bestimmt und als rein erkannt.

2) Gelblich, etwas eisenhaltig.

3	H	=	3	=	H ² O	2,00
0,25	K		9,75		K ² O	0,87
0,75	Na		17,25		Na ² O	1,72
	Mg		24		MgO	2,96
3	Fe		168		FeO	16,02
4	Al		218,4		AlO ³	30,44
4	B		44		B ² O ³	10,38
8	Si		224		SiO ²	35,61
40	O		640			100.
			1348,4.			

No. 19.

Schwarzer Turmalin von Krumbach in Steiermark.

Bruchstück eines größeren Krystalls. Dünne Splitter sind blau durchsichtig, und das Pulver ist blaugrau.

V. G. = 3,183.

Beim Glühen sintert das grobe Pulver zu einer dunkelbraunen Masse zusammen.

Die Analysen haben ergeben:

	1.	2.	3.	4.
Si O ²	36,19		36,09	36,46
Al O ³			31,67	32,75
Fe O	12,63	13,62	12,51	12,54
MnO		0,64	0,39	0,48
MgO	2,31		2,49	2,15
CaO	0,35	0,35		0,60
Na ² O		1,43		
K ² O		0,46		
Fl	0,64			
Glühverlust		3,21		

Da 0,64 Fl = 0,87 Si Fl⁴, so sind 2,34 H²O anzunehmen.

Die *Eisenoxydulprobe* mit H²SO⁴ im zugeschmolzenen Rohr gab etwa 12 Proc., die mit Borax 13,4 Proc., woraus die Abwesenheit von FeO³ folgt.

Im Mittel enthält also dieser Turmalin:

H ² O	2,34	=	H	0,26	At.	26
K ² O	0,46		K	0,38	1,0	5,6
Na ² O	1,43		Na	1,06	4,6	
CaO	0,40		Ca	0,28	0,7	26,5
MgO	2,32		Mg	1,39	5,8	
MnO	1,50		Mn	1,16	2	
FeO	12,82		Fe	9,97	18	31
AlO ³	32,21		Al	17,13		
(B ² O ³)	10,27		B	3,23		30
SiO ²	36,25		Si	16,91		60,4
<hr/>						100.

Es ist also

				angenommen
Al	:	Si	=	1 : 1,95 = 1 : 2
B	:	Al	=	1 : 1 1 : 1
R	:	Al	=	1 : 1,17 1 : 1
R	:	R	=	1 : 4,7 1 : 5
R	:	H	=	1 : 4,6 1 : 4.

				$R \bar{R} \text{ Al B Si}^2 \text{ O}^{10} =$
H^4	{			
(Na, K)		$\bar{R}^5 \text{ Al}^5 \text{ B}^5 \text{ Si}^{10} \text{ O}^{50}$		
$\text{K} : \text{Na} = 2 : 9 \quad - \quad \text{Ca} : \text{Mn} : \text{Mg} : \text{Fe} =$				
$1 : 3 : 9 : 27$				
4	H	=	4	= H^2O 2,15
0,18	K	=	7,02	K^2O 0,50
0,82	Na	=	18,86	Na^2O 1,52
0,125	Ca	=	5	CaO 0,42
1,125	Mg	=	27	MgO 2,69
0,375	Mn	=	20,6	MnO 1,59
3,375	Fe	=	184	FeO 14,21
5	Al	=	273	AlO^3 30,64
5	B	=	55	B^2O^3 10,44
10	Si	=	280	SiO^2 35,84
50	O	=	800	<hr/> 100,
<hr/>				1674,48.

No. 20. (16.)

Schwarzer Turmalin von Alabaschka.

Neue Bestimmungen betreffen Si, Al, Fe, Mn, Mg. Ferner wurde der Fluorgehalt = 0,76 Proc. ermittelt, und das Fe O im Boraxglase in zwei Versuchen = 16,0 und 16,47 Proc. gefunden.

Danach sind die älteren Thonerdebestimmungen etwas zu hoch ausgefallen, denn das Mittel war:

		jetzt
Kieselsäure	35,74	36,19
Thonerde	34,40	30,41
Eisenoxyd	17,16	16,48
Manganoxydul		0,54
Magnesia	1,76	1,88.

Nimmt man die zuletzt erhaltenen Werthe, die früheren Alkalibestimmungen, und berechnet aus 0,76 Fluor 1,04 Si Fl⁴, also $2,15 - 1,04 = 1,11$ H² O, das Fe aber ganz und gar als Fe O, so erhält man

H ² O	1,11	=	H	0,12	At.	12
K ² O	0,47		K	0,39	1.	4,3
Na ² O	1,02		Na	0,76	3,3	
Mg O	1,88		Mg	1,13	4,7	27,2
Mn O	0,54		Mn	0,42	0,8	
Fe O	15,59		Fe	12,12	21,7	
Al O ³	30,41		Al	16,178		29,6
(B ² O ³)	12,79		B	4,02		36
Si O ²	36,19		Si	16,90		60,3
<hr/>						
100.						

angenommen

Al : Si = 1 : 2,04	1 : 2
B : Al = 1 : 0,8	1 : 1
R : Al = 1 : 1,09	1 : 1
R : R = 1 : 6,3	1 : 6.

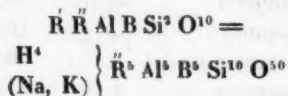
Unter Annahme von Dritteisilikat mufs dann

$$H : \dot{R} = 5 : 1$$

seyn.

Indessen beweist die für das B vorhandene Differenz, die etwas zu grofs ist, dafs es an \ddot{R} und wohl auch an \dot{R} fehlt, wie dann die Menge der (nur einmal bestimmten) Alkalien auffallend gering ist. Es dürfte also auch hier wie in anderen T. $\dot{R} : \ddot{R} = 1 : 5$ zu setzen seyn; dann wird $H : \dot{R} = 4 : 1$ (gefunden = 3 : 1).

Formel:



Berechnung:

$$K : Na = 1 : 3 \quad Mn : Mg : Fe = 1 : 6 : 28.$$

4 H =	4	=	H ² O	2,13
0,25 K	9,75		K ² O	0,70
0,75 Na	17,25		Na ² O	1,38
0,143 Mn	7,865		Mn O	0,60
0,857 Mg	20,568		Mg O	2,03
4 Fe	224		Fe O	17,01
5 Al	273		Al O ³	30,33
5 B	55		B ² O ³	10,34
10 Si	280		Si O ²	35,48
50 O	800			100.
<hr/>				
1691,433.				

No. 21 (17).

Schwarzer Turmalin von Andreasberg.

Nach einem neueren Versuch ist der Glühverlust = 2,70 Proc., der Fluorgehalt = 0,85 Proc.

$$2,70 - 1,16 SiFl^4 = 1,54 H^2 O.$$

A. Mitscherlich bestimmte 17,14 und 17,29 Fe O. Meine Versuche geben im Mittel 19,33 Fe O² = 17,40 Fe O.

A. Stromeyer hat vor längerer Zeit aus diesem T.
8,47 — 8,83 B²O³ erhalten.

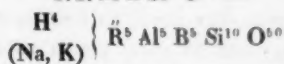
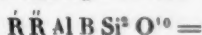
Seine Zusammensetzung ist:

			At.	
H ² O	= 1,54	= H	0,17	
K ² O	0,58	K	0,48	1,2
Na ² O	1,36	Na	1,01	4,4
CaO	0,72	Ca	0,51	1,3
MgO	0,78	Mg	0,47	2,0
MnO	0,11	Mn	0,08	0,1
FeO	17,40	Fe	13,68	24,4
AlO ³	30,34	Al	16,14	29,6
(B ² O ³)	11,11	B	3,50	32
SiO ²	36,06	Si	15,83	60
	100.			

Also:

		angenommen
Al : Si	= 1 : 2,03	1 : 2
B : Al	= 1,08 : 1	1 : 1
'' : Al	= 1 : 1,06	1 : 1
R : R	= 1 : 4,96	1 : 5.

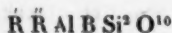
Der T. von Andreasberg ist also



K : Na = 1 : 4 Ca : Mg : Fe = 2 : 3 : 35.

4	H	=	4	=	H ² O	2,11
0,2	K		7,8		K ² O	0,55
0,8	Na		18,4		Na ² O	1,46
0,25	Ca		10		CaO	0,82
0,375	Mg		9		MgO	0,88
4,375	Fe		245		FeO	18,51
5	Al		273		AlO ³	30,14
5	B		55		B ² O ³	10,28
10	Si		280		SiO ²	35,25
30	O		800			100.
			1702,2.			

Die Turmaline No. 1 bis 21 charakterisiren sich durch das Verhältniß der zweiwerthigen Elemente (Mg, Fe) zum sechswerthigen Aluminium, welches das von 1 : 1 ist. Die ihnen allen zugeschriebene Formel



bedingt aber auch dasselbe Verhältniß zwischen den ein- und zweiwerthigen, $\dot{R} : \ddot{R} = 1 : 1$. Das erstere ist in den Analysen mit voller Sicherheit zu erkennen. Gilt gleiches aber auch für das letztere?

Zur Beurtheilung dieser Frage muß man sich daran erinnern, daß die einwerthigen Elemente der Turmalinmischung einerseits aus den Alkalimetallen Na und K, andererseits aus dem H des chemisch gebundenen Wassers bestehen, und ich darf behaupten, daß ihre Bestimmung kaum jemals genau ausfallen kann. Man wird dieß für Kali- und Natriummengen, die kaum 2 Proc. betragen, ohne weiteres zugeben, noch mehr aber für das Wasser, dessen Menge auf dem immer ermittelten Glühverlust und dem nicht immer bestimmten Fluor beruht. Welchen Werth haben solche Fluorbestimmungen, und was beweist, daß der Glühverlust, als aus H^2O und SiF_4 hervorgehend, alles Fluor in sich schließt? Da das Fluor im T. doch ursprünglich nicht einzig und allein an Si gebunden ist, so mag der Vorgang beim Glühen viel verwickelter seyn, in keinem Fall giebt es ein Mittel, die Menge des Wassers genau zu bestimmen. Unter diesen Umständen halte ich es schon für genügend, daß die Hälfte der Analysen das Atomverhältniß $H + \dot{R} : \ddot{R}$ evident = 1 : 1 giebt (No. 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 17, 18), mehre ihm nahe kommen und nur wenige entschieden abweichen, wie z. B.

No. 6 = 1,45 : 1

12 = 1 : 1,6

14 = 1 : 1,4

20 = 1 : 1,67.

Und dabei ist immer vorausgesetzt, daß die Bestimmung von Ca, Mg, Fe, Mn genau sey.

Fehl
Wasser
so mün
dasjenig
Elemen
mangel
genden

Au
 $\dot{R} : \ddot{R}$
Forme

und d

angen
solche
und d
thigen

Fehlen uns die Mittel, das Verhältniß zwischen dem Wasserstoff und den Alkalimetallen genau zu bestimmen, so müssen die Analysen doch mehr Aufschluss geben über dasjenige, welches zwischen letzteren und den zweiwerthigen Elementen (Ca, Mg, Mn, Fe) obwaltet. Hier können nur mangelhafte Methoden und Arbeiten irre führen. Im Folgenden sind die gefundenen Verhältnisse zusammengestellt.

(Na, K) : R	
No. 17	1 : 3,25
6	1 : 3,37
16	1 : 3,7
2	1 : 3,9
4	1 : 4,0
8	1 : 4,3
3	1 : 4,5
18	1 : 4,6
19	1 : 4,7
7	1 : 4,8
21	1 : 4,96
11	1 : 5,2
9 u. 15	1 : 5,3
13	1 : 5,6
14	1 : 5,7
10	1 : 5,8
20	1 : 6,3
5	1 : 6,4
12	1 : 7,7.

Aus dieser Reihe folgt wenigstens mit Gewissheit, daß R : R bei diesen T. variiert; wenn ich aber in den speciellen Formeln der einzelnen T. nur die Verhältnisse

$$1 : 4 \qquad 1 : 5 \qquad 1 : 6$$

und demgemäß

$$H : (Na, K) = 3 : 1 \qquad 4 : 1 \qquad 5 : 1$$

angenommen habe, so will ich doch gern zugeben, daß solche Annahmen in manchen Fällen willkürlich erscheinen, und daß zwischen H und den Alkalimetallen als gleichwerthigen Elementen vielfache Wechsel stattfinden können.

No. 22. (18.)

Schwarzer Turmalin von Saar.

Neue Bestimmungen wurden gemacht von Fluor, Borsäure, Eisen, Mangan, Magnesia, Kieselsäure und Thonerde, von denen die letzte durch Zufall verloren ging.

Fluor	0,41
Kieselsäure	35,74
Borsäure	11,64
Eisenoxyd	14,15 = Fe O 12,73
Manganoxydul	0,28
Magnesia	1,48

Das Boraxglas war gelbgrün; es wurden 14,8 Fe O gefunden, was wenigstens beweist, daß kein Eisenoxyd vorhanden ist.

Die früheren Resultate hinsichtlich dieser Bestandtheile waren:

	a	b.	c.
Kieselsäure	36,82	35,78	
Thonerde	36,02	35,70	34,67
Eisenoxydul	13,31	14,06	13,41
Manganoxydul			
Magnesia		1,55	1,52

$$0,41 \text{ Fl} = 0,56 \text{ Si Fl}^1$$

$$1,82 - 0,56 = 1,26 \text{ H}^2 \text{ O.}$$

Mittel:			At.	
H ² O	1,26	= H	0,14	14
K ² O	0,09	K	0,08	0,2
Na ² O	0,98	Na	0,73	3,2
Mg O	1,52	Mg	0,93	3,9
Mn O	0,28	Mn	0,22	0,4
Fe O	13,17	Fe	10,24	18,3
AlO ³	35,46	Al	18,86	34,5
B ² O ³	11,64	B	3,66	36
SiO ²	36,11	Si	16,85	60,2
	100,51.			

3,4

22,6

Das Atomverhältnifs Al : Si ist hier = 1 : 1,745.

nach *a* ist es = 1 : 1,75

" *b* " = 1 : 1,70

Der kleinste Al-Gehalt (*c*) und der größte Si-Gehalt (*a*)
geben es

$$= 1 : 1,8.$$

Ferner ist

$$B : Al = 1 : 0,96 = 1,04 : 1$$

$$\ddot{R} : Al = 1 : 1,5$$

$$\dot{R} : \ddot{R} = 1 : 6,6$$

Im Vergleich zu allen anderen Eisen-Turmalinen finden sich hier so geringe Mengen K und Na, und ein so hoher Thonerdegehalt, daß sie Zweifel an der Richtigkeit erwecken. Bei Mangel an Material ließen sich dieselben faktisch nicht heben, wir gestatten uns deshalb eine kleine Correction und nehmen an:

$$Al : Si = 1 : 2$$

$$B : Al = 1 : 1$$

$$\ddot{R} : Al = 1 : 1,5$$

$$\dot{R} : \ddot{R} = 1 : 2.$$

Dann muß $H : \dot{R} = 4 : 1$ seyn und die Formel

$$\dot{R}^5 \ddot{R}^2 Al^3 B^3 Si^6 O^{30} =$$

$$\left. \begin{array}{l} H^4 \\ (Na, K) \end{array} \right\} \ddot{R}^2 Al^3 B^3 Si^6 O^{30} = 6 \dot{R}^6 Si O^5$$

Berechnung:

$$K : Na = 1 : 16 \quad Mg : Fe (Mn) = 1 : 5.$$

$$4H = 4 \quad = H^2O \quad 3,68$$

$$0,06K = 2,34 \quad K^2O \quad 0,29$$

$$0,94Na = 21,62 \quad Na^2O \quad 3,00$$

$$0,33Mg = 8 \quad MgO \quad 1,37$$

$$1,66Fe = 93,33 \quad FeO \quad 12,32$$

$$3 \quad Al = 163,8 \quad AlO^3 \quad 31,60$$

$$3 \quad B = 33 \quad B^2O^3 \quad 10,78$$

$$6 \quad Si = 168 \quad SiO^2 \quad 36,96$$

$$30 \quad O = 480 \quad \underline{100}$$

$$\underline{974,09.}$$

No. 23. (21.)

Blauer (blauschwarzer) Turmalin von Sarapulsk bei Mursinsk.

Fluorbestimmung. Die Menge des Fluors ist = 0,80 Proc.

Glühverlust. Ein neuer Versuch in Platinfolie ergab 2,91 Proc. Das grobe Pulver war stark gesintert und hatte seine blaugraue Farbe mit einer grauen vertauscht. Einzelne Partikel erschienen fast weiß.

Da $0,8\text{Fl} = 1,1\text{SiFl}^4$, so sind $2,91 - 1,1 = 1,81\text{H}^2\text{O}$ entwichen.

Bestimmung von Al, Fe, Mn, Mg.

a.		b.		Mittel
im ungeglühten	Min.	im geglühten	Min.	
AlO^3	30,46		32,60	31,53
FeO^3	11,47 = FeO	10,32	11,43 = FeO	10,30
MnO	2,60		2,77	2,68
MgO	1,09		1,03	1,06.

Eisenbestimmung. A. Mitscherlich hatte 7,54 bis 7,65 Proc. FeO gefunden. Danach könnten 2,95 FeO^3 vorhanden seyn.

Zwei Boraxproben (braungelbes Glas) ergaben 12,5 und 11,7 Proc. FeO und hiernach glaube ich, daß Eisenoxyd nicht oder in nur sehr geringer Menge vorhanden seyn kann.

Die Alkalibestimmung ist nicht wiederholt, aber es muß bemerkt werden, daß das Natron etwas Lithion einschließt.

Die hauptsächliche Differenz fällt der Thonerde zur Last, die früher im Mittel zu 36,17 Proc. direct bestimmt wurde. Auch jetzt wurden nahe kommende Größen, nämlich

in a 34,46 in b 35,31

erhalten.

Nachstehend die procentische Zusammensetzung des Ammoniakniederschlags beider Analysen, wobei die AlO^3 nach dem Glühen nochmals ausgewaschen war.

	a.	b.
Si O ²	1,59	
Mg O	1,83	2,06
Mn ² O ⁴	6,13	6,45
Fe O ₂	25,18	24,50
Al O ³	69,84 ¹⁾	73,07
	<u>104,57</u>	<u>106,08.</u>

Hiernach darf für den T. von Sarapulsk folgende Zusammensetzung angenommen werden:

			At.	
H ² O	1,81	=	H 0,20	20
K ² O	0,33		K 0,28	0,7
Na ² O (Li)	2,37		Na 1,76	8,0
Mg O	1,06		Mg 0,63	2,6
Mn O	2,68		Mn 2,08	3,8
Fe O	10,30		Fe 8,01	14,3
Al O ³	31,53		Al 16,77	30,8
(B ³ O ³)	11,62		B 3,31	30
Si O ²	38,30		Si 17,90	64
	<u>100.</u>			

Es sind also die At. von

		angenommen
Al : Si	= 1 : 2,08	= 1 : 2
B : Al	= 1 : 1	1 : 1
R̄ : Al	= 1 : 1,54	1 : 1,5
R̄ : R̄	= 1 : 2,4	1 : 2

Ein Drittsilikat erheischt dann

$$\dot{R} : H = 1 : 4.$$

Formel des vorigen.

1) Abermals aufgelöst und mit kohlensaurem Ammoniak gefällt = 69,0.

K : Na = 1 : 11. Mg : Mn : Fe = 2 : 3 : 11.

4 H	=	4	=	H ² O	3,68
$\frac{1}{12}$ K		3,25		K ² O	0,40
$\frac{11}{12}$ Na		21,08		Na ² O	2,90
$\frac{1}{4}$ Mg		6		Mg O	1,03
$\frac{3}{8}$ Mn		20,62		Mn O	2,73
$\frac{11}{8}$ Fe		77		Fe O	10,14
3 Al		163,8		Al O ³	31,51
3 B		33		B ² O ³	10,75
6 Si		168		Si O ²	36,86
30 O		480			100.
		976,75.			

No. 24.

Blauer Turmalin von Goshen, Massachusetts.

Bruchstück eines größeren Krystalls; die Masse scheinbar sehr rein, an dünnen Kanten blau durchscheinend. Pulver graublau.

V.-G. = 3,203.

Durch starkes Glühen sintert er sehr zusammen, wird dunkelbraun und verliert 3,33 Proc. Durch längeres Erhitzen tritt wieder eine Gewichtszunahme ein, wohl in Folge der Oxydation von Eisenoxydul; der Verlust betrug dann nur 2,98 Proc.

Analysen: 1, 2 und 3 mit kohlensaurem Natron; 4. des geglühten mit Fluorwasserstoffsäure, auf ungeglühten berechnet; 5. Bestimmung des Eisenoxyduls im Boraxglas.

	1.	2.	3.	4.	5.
Borsäure		10,65			
Kieselsäure	36,13	36,13	36,40		
Thonerde	33,60	32,87	33,57		FeO
Eisenoxyd	13,09	13,38			13,87
Manganoxydul	1,20	1,40	1,15		14,02
Magnesia	0,51	0,70	0,68		
Lithion				0,84	
Natron				1,75	
Kali				0,40	
Fluor			0,82		

Beste
so sind C
3,33 — 1

Wasser
Kali
Natron
Lithion
Magnes
Mangan
Eisenox
Thoner
Borsäu
Kiesels

Hier is

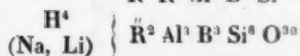
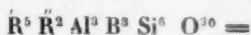
K : 1

Besteht der Glühverlust aus Wasser und Fluorkiesel,
so sind $0,82 \text{ Fl} = 1,12 \text{ Si Fl}^4$ und es bleiben für Wasser
 $3,33 - 1,12 = 2,21 \text{ Proc.}$ Das Mittel ist dann

					At.
Wasser	2,21	=	H	0,245	24,5
Kali	0,40		K	0,332	0,85
Natron	1,75		Na	1,3	5,65
Lithion	0,84		Li	0,392	5,6
Magnesia	0,63		Mg	0,38	1,6
Manganoxydul	1,25		Mn	0,97	1,8
Eisenoxydul	11,95		Fe	9,29	16,6
Thonerde	33,35		Al	17,74	32,5
Borsäure	10,65		B	3,35	30,5
Kieselsäure	36,22		Si	16,90	60,4
	99,25				

Hier ist das Atomverhältnifs

Al : Si	= 1 : 1,84	= 1 : 2	angenommen
B : Al	= 1 : 1,07	1 : 1	
R' : Si	= 1 : 3,0	1 : 3	
R' : Al	= 1 : 1,6	1 : 1,5	
R : R	= 1 : 1,67	1 : 2	



4 H	= 4,0	= H ² O	3,50
$\frac{1}{15}$ K	2,6	K ² O	0,32
$\frac{7}{15}$ Na	10,7	Na ² O	1,49
$\frac{7}{13}$ Li	3,3	Li ² O	0,72
$\frac{1}{6}$ Mg	4	Mg O	0,68
$\frac{1}{6}$ Mn	9,2	Mn O	1,22
$\frac{5}{3}$ Fe	93,3	Fe O	12,35
3 Al	163,8	Al ² O ³	31,67
3 B	33	B ² O ³	11,01
6 Si	168	Si O ³	37,04
30 O	480		100,
	971,9.		

Schwarzer Turmalin (Eisen-Turmalin) von S. Pietro auf Elba.

Dünne glänzende Prismen, in feinen Splittern theils grünlich, theils bräunlich durchscheinend. Geben ein graues Pulver.

Glühverlust = 2,54 Proc.

Fluor = 0,47 Proc. = 0,64 Si Fl⁴.

a) Analyse mit kohlensaurem Natron; b) mit Fluorwasserstoffsäure.

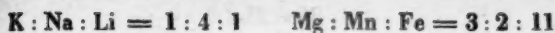
	a	b
Si O ³	37,14	
Al O ³	34,00	34,30
Fe O	10,52	
Mn O	2,00	1,75
Mg O	1,72	1,64
Li ³ O		0,32
Na ² O		2,50
K ² O		0,75

Hieraus folgt:

			At.
H ² O	1,90	= H	0,21
K ² O	0,75	K	0,62
Na ² O	2,30	Na	1,70
Li ³ O	0,32	Li	0,15
Mg O	1,68	Mg	1,01
Mn O	1,87	Mn	1,45
Fe O	10,52	Fe	8,18
Al O ³	34,15	Al	18,17
(B ³ O ³)	9,37	B	2,95
Si O ²	37,14	Si	17,33
	100.		

	angenommen
Al : Si = 1 : 1,87	1 : 2
B : Al = 1 : 1,2	1 : 1
Ř : Al = 1 : 1,5	1 : 1,5
Ř : Ř = 1 : 1,95	1 : 2.

Formel des vorigen.



4 H	=	4	=	H ² O	3,70
$\frac{1}{6}$ K		6,5		K ² O	0,80
$\frac{2}{3}$ Na		15,33		Na ² O	2,12
$\frac{1}{6}$ Li		1,16		Li ² O	0,26
$\frac{3}{8}$ Mg		9		Mg O	1,55
$\frac{1}{4}$ Mn		12,75		Mn O	1,83
$\frac{11}{8}$ Fe		77		Fe O	10,19
3 Al		163,8		Al O ³	31,68
3 B		33		B ³ O ³	10,81
6 Si		168		Si O ²	37,06
30 O		480			100.
		971,54			

No. 25 a.

Dunkler Turmalin (Magnesia-Eisen-Turmalin) von Elba.

Lose Krystallbruchstücke, dicke Prismen, zum Theil grün oder braun durchscheinend, im Ganzen den früher (No. 22) analysirten ähnlich.

Glühverlust = 3,34 Proc.

Fluor = 0,98 Proc. = 1,34 Si Fl⁴

Fe O im Boraxglas = 6,5 Proc.

Unter Annahme des früher gefundenen Alkaligehalts ist die Zusammensetzung:

				At.	
H ² O	2,00	=	H	0,22	
K ² O	0,38		K	0,31	0,8
(Li) Na ² O	2,04		Na	1,51	6,6
Ca O	0,30		Ca	0,21	0,5
Mg O	4,30		Mg	2,58	10,8
Mn O	3,59		Mn	2,78	5,0
Fe O	5,43		Fe	4,22	7,5
Al O ³	33,19		Al	17,66	32,3
(B ³ O ³)	10,53		B	3,31	30
Si O ²	38,24		Si	17,18	61,3
	100.				

$$\text{Al} : \text{Si} = 1 : 1,9$$

$$\text{B} : \text{Al} = 1 : 1,1$$

$$\ddot{\text{R}} : \text{Al} = 1 : 1,36$$

$$\dot{\text{R}} : \ddot{\text{R}} = 1 : 3,2.$$

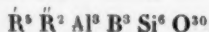
Die Analyse stimmt nicht mit der einer anderen Abänderung überein. Die geglühte Masse zeigte deutlich, daß die Substanz zum Theil Magnesia-Eisen-Turmalin war, denn dieser war zu einer schwarzen Masse geschmolzen oder gesintert. Dazwischen aber befanden sich zahlreiche weisse Parthien, wie sie der hellgrüne Turmalin von Elba liefert.

Die Turmaline No. 22 bis 25, sämmtlich Eisen-Turmaline, unterscheiden sich von den vorhergehenden durch das Atomverhältniß

$$\ddot{\text{R}} : \text{Al} = 2 : 3,$$

welches sich auch dann noch deutlich ergeben würde, wenn der Thonerdegehalt hie und da etwas zu hoch ausgefallen seyn sollte. Da $\text{Al} : \text{Si}$ auch hier $= 1 : 2$ ist, so muß $\ddot{\text{R}} : \text{Si} = 1 : 3$ und nicht wie früher $= 1 : 2$ seyn, was sämmtliche Analysen zweifellos darthun.

Als Drittsilikate müssen diese vier Abänderungen durch



bezeichnet werden, d. h. es muß $(\text{H}, \text{K}, \text{Na}, \text{Li}) : \ddot{\text{R}} = 5 : 2$ seyn. In den Analysen fehlt es nun immer an den einwerthigen Elementen, höchstens stellt sich das Verhältniß $2 : 1$ heraus. Dieser Umstand darf aber, wie ich glaube, nicht hindern, diese vier Turmaline gleich allen anderen als Drittsilikate zu betrachten, wenn man dabei berücksichtigt, daß sowohl die Angriffe, welchen ein Silikat auf seiner Lagerstätte ausgesetzt ist, als auch die Analyse einen Verlust an den einwerthigen Elementen zur Folge haben.

No. 26. (23.)

Grüner Turmalin von Elba.

Nur eine Kieselsäurebestimmung bei Gelegenheit der früheren Untersuchung, überhaupt die genaue Feststellung des Atomverhältnisses der Hauptbestandtheile machte neue Versuche nöthig. Hierbei wurde das Fluor direkt = 0,50 Proc. bestimmt. Ferner ergaben zwei Versuche mit dem fast farblosen Boraxglas 1,86 und 1,66 Proc. Fe O. Kalk fand sich gar nicht, dagegen $2\frac{1}{2}$ Proc. mehr Thonerde, so dafs es scheint, als sey in den älteren Analysen der Rest derselben beim Fe, Mn, Mg geblieben und auch der Kalkniederschlag nichts als Thonerde gewesen.

Das Resultat der neuen Versuche ist:

Kieselsäure	37,74
Thonerde	41,89
Eisenoxyd	1,65 = Fe O 1,385
Manganoxydul	2,51
Magnesia	0,41

Wenn 0,5 Fluor = 0,68 Si Fl⁴, und der Glühverlust dieses T. = 3,28 Proc., so sind $3,28 - 0,68 = 2,6$ H² O vorhanden.

Setzen wir die Alkalien der früheren Analyse in die neue, so erhalten wir:

					At.
H ² O	2,60	=	H	0,29	29
K ² O	0,34		K	0,28	0,7
Na ² O	2,40		Na	1,78	7,7
Li ² O	0,74		Li	0,345	4,9
Mg O	0,41		Mg	0,246	1,0
Fe O	1,38		Fe	1,07	1,9
Mn O	2,51		Mn	1,945	3,5
Al O ³	41,89		Al	2,28	40,8
(B ² O ³)	9,99		B	3,14	28,5
Si O ²	37,74		Si	17,51	63
	100.				

Hier ist:

	angenommen
Al : Si = 1 : 1,5	1 : 1,5
B : Al = 1 : 1,4	1 : 1,5
R' : Al = 1 : 6,5	1 : 6
R' : R = 1 : 2,08	1 : 2

Bei Annahme eines Drittelsilikats muß $H : R = 1 : 1$ seyn.

Hieraus folgt für diesen T. die Formel



oder speciell:



Berechnung.



2 H	=	2	=	H ² O	1,26
0,11 K		4,3		K ² O	0,36
1,12 Na		25,76		Na ² O	2,42
0,77 Li		5,4		Li O	0,80
0,15 Mg		3,6		Mg O	0,43
0,31 Fe		17,36		Fe O	1,56
0,54 Mn		29,7		Mn O	2,67
6 Al		327,6		Al O ³	43,00
4 B		44		B ² O ³	9,78
9 Si		252		Si O ³	37,72
45 O		720			100.
					<hr/>
					1431,72.

No. 27. (29.)

Rother Turmalin von Schaitansk.

Der Glühverlust = 3,45 liegt sehr nahe dem des rothen Turmalins von Elba. Unter Annahme von 0,7 Proc. Fluor = 0,96 Si Fl⁴ kommen 3,45 - 0,96 = 2,49 H² O in Rechnung.

				At.	
H ² O	2,49	=	H	0,27	27
K ² O	0,21		K	0,17	0,4
Na ² O	1,53		Na	1,135	5,0
Li ² O	0,48		Li	0,224	3,2
CaO	0,62		Ca	0,44	1,0
MgO	1,62		Mg	0,74	3,0
MnO	1,53		Mn	1,19	2,0
AlO ³	43,97		Al	23,39	42,9
(B ² O ³)	9,29		B	2,92	26,6
SiO ²	38,26		Si	17,86	63,8
	<u>100.</u>				

Hier ist:

angenommen

$$\text{Al} : \text{Si} = 1 : 1,49 \quad 1 : 1,5$$

$$\text{B} : \text{Al} = 1 : 1,6 \quad 1 : 1,5$$

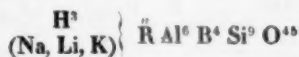
$$\text{R} : \text{R} = 1,4 : 1 \quad 1,33 : 1$$

$\text{R} = 2\text{R}$ gesetzt,

$$\text{R} : \text{Al} = 1 : 2,08 \quad 1 : 2.$$

Dann muß $\text{H} : \text{R} = 1 : 1$ seyn.

Formel:



$$\text{K} : \text{Na} : \text{Li} = 1 : 12 : 8 \quad - \quad \text{Ca} : \text{Mg} : \text{Mn} = 1 : 3 : 2.$$

3H	= 3	=	H ² O	1,93
$\frac{1}{31}\text{K}$	1,86		K ² O	0,16
$\frac{4}{7}\text{Na}$	13,14		Na ² O	1,26
$\frac{8}{31}\text{Li}$	2,67		Li ² O	0,41
$\frac{1}{8}\text{Ca}$	6,66		CaO	0,66
$\frac{1}{2}\text{Mg}$	12		MgO	1,43
$\frac{1}{3}\text{Mn}$	18,33		MnO	1,69
6Al	327,6		AlO ³	43,93
4B	44		B ² O ³	10,00
9Si	252		SiO ²	38,53
45O	720			<u>100.</u>
	<u>1401,26.</u>			

No. 28. (23.)

Rother Turmalin von Paris in Maine.

In dieser Abänderung wurden neu bestimmt: 1) das Fluor; 2) die Borsäure; 3) die übrigen Bestandtheile mit Ausnahme der Alkalien.

Aus den gefundenen 1,18 Proc. Fluor (aus einem Ca Fl^3 berechnet, dessen Ca besonders ermittelt wurde) berechnen sich 1,61 Si Fl^4 , und folglich $3,61 - 1,61 = 2,00 \text{ H}^2 \text{ O}$.

Das Resultat der neuen Versuche ist:

Fluor	1,18
Wasser	2,00
Kieselsäure	37,27
Borsäure	9,975
Thonerde	41,58
Manganoxydul	1,94
Magnesia	0,39
Kalk	0,45.

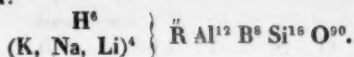
Fügt man das Mittel der früheren Si-, Al- und Alkali-bestimmungen hinzu, so enthält dieser Turmalin:

$\text{H}^2 \text{ O}$	2,00	=	H	0,22	At.	22
$\text{K}^2 \text{ O}$	0,68		K	0,565	1,4	17,6
$\text{Na}^2 \text{ O}$	2,60		Na	1,93	8,4	
$\text{Li}^2 \text{ O}$	1,17		Li	0,546	7,8	
Ca O	0,45		Ca	0,32	0,8	4,5
Mg O	0,39		Mg	0,23	1,0	
Mn O	1,94		Mn	1,50	2,7	
Al O^3	42,63		Al	22,68		41,5
$(\text{B}^2 \text{ O}^3)$	9,975		B	3,135		28,5
Si O^3	38,19		Si	17,82		63,7
	<u>100,02.</u>					

Hier ist:

Al : Si = 1 : 1,53	angenommen 1 : 1,5
B : Al = 1 : 1,46	1 : 1,5
R : R = 1 : 4	1 : 4

Formel:



Berechnung:



6 H =	6,0	=	H ² O	1,92
0,3 K	11,7		K ² O	0,50
1,85 Na	42,55		Na ² O	2,04
1,85 Li	12,95		Li ² O	1,00
0,2 Ca	8		Ca O	0,40
0,2 Mg	4,8		Mg O	0,28
0,6 Mn	33,0		Mn O	1,52
12 Al	655,2		Al O ³	43,86
8 B	88		B ² O ³	10,00
18 Si	504		Si O ³	38,48
90 O	1440			100.
	<u>2806,2.</u>			

No. 29. (30.)

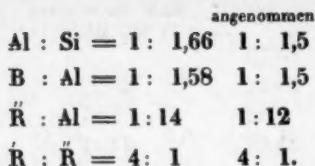
Rother Turmalin von Rozena.

Da dieser T. wahrscheinlich schon eine anfangende Veränderung in Lepidolith erfahren hat, so mag eine Discussion der früheren Resultate genügen.

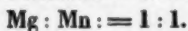
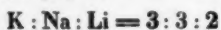
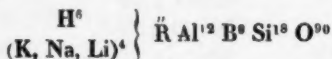
Er verlor beim Glühen im Mittel 3,76 und gab 1,19 Proc. Fluor, so dafs 2,57 H² O in Rechnung kommen und die Zusammensetzung ist:

				At.	
H ² O	2,57	=	H	0,28	
K ² O	2,17		K	1,80	4,6
Na ² O	1,37		Na	1,02	4,4
Li ² O	0,41		Li	0,19	2,7
Mg O	0,61		Mg	0,36	1,5
Mn O	0,95		Mn	0,73	1,4
Al O ³	41,83		Al	22,25	41
(B ² O ³)	8,93		B	2,80	26
Si O ²	41,16		Si	19,21	68
	<u>100.</u>				

Hier ist



Wenn man diese Verhältnisse annimmt, so ist der T. von Rozena



6 H	=	6	=	H ² O	1,91
1,5 K		58,5		K ² O	2,49
1,5 Na		34,5		Na ² O	1,64
Li		7		Li O	0,53
0,5 Mg		12		Mg O	0,71
0,5 Mn		27,5		Mn O	1,25
12 Al		653,2		Al O ³	43,46
8 B		88		B ³ O ³	9,88
18 Si		504		Si O ³	38,13
90 O		1440			100.
		2832,7.			

No. 30 (27).

Farbloser (röthlicher) Turmalin von Elba.

a. Bestimmung von Fl, Si, Al, Mg, Mn.

$$4,027 = 0,058 \text{ Ca Fl}^2 = \text{Fl } 0,02826$$

$$1,548 \text{ Si O}^2$$

$$1,756 \text{ Al O}^3$$

$$0,04 \text{ Mn}^3 \text{ O}^4$$

$$0,0079 \text{ Mg O.}$$

b. Bestimmung des B.

$$3,23 = 1,107 \text{ K B Fl}^4 = 0,307414 \text{ B}^3 \text{ O}^3.$$

In 100:

		Mittel der früheren Versuche	Mittel beider
Fl	0,70		
Si O ²	38,44	39,27	38,85
B ² O ³	9,52	7,87	
Al O ³	43,68	44,41	44,05
Mn O	0,92	0,58	
Mg O	0,20	0,78	
		Li ² O 1,22	
		Na ² O 2,00	
		K ² O 1,30.	

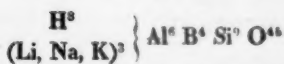
Der Glühverlust war = 3,37 Proc. Da 0,7 Fl = 0,96 Si Fl⁴, so bleiben für H² O 2,41, und die Zusammensetzung ist:

			At.	
H ² O	2,41	= H	0,268	26,8
K ² O	1,30	K	1,08	2,8
Na ² O	2,00	Na	1,48	6,5
Li ² O	1,22	Li	0,57	8,1
Mg O	0,20	Mg	0,12	0,5
Mn O	0,92	Mn	0,71	1,3
Al O ³	44,05	Al	23,43	42,9
(B ² O ³)	9,52	B	2,99	27,2
Si O ²	38,85	Si	18,13	64,8
	100,47.			

Also

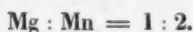
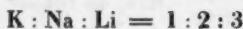
		angenommen
Al : Si	= 1 : 1,51	1 : 1,5
B : Al	= 1 : 1,57	1 : 1,5
R ¹⁾ : Al	= 1 : 2,04	1 : 2
R : Si	= 1 : 3,09	1 : 3
R : H	= 1 : 1,28	1 : 1.

Formel:



1) Einschließlich R = 2 R.

Nach der Analyse ist:



3 H	= 3	= H ² O	1,92
$\frac{5}{12}$ K	16,25	K ² O	1,40
$\frac{5}{6}$ Na	19,166	Na ² O	1,84
$\frac{5}{4}$ Li	8,75	Li ² O	1,34
$\frac{1}{12}$ Mg	2	Mg O	0,24
$\frac{1}{6}$ Mn	9,166	Mn O	0,84
6 Al	327,6	Al O ³	43,92
4 B	44	B ² O ³	9,98
9 Si	252	Si O ²	38,52
45 O	720		100.
<hr/>			
1401,932.			

Die Rechnung stimmt, wie man sieht, mit den Analysen sehr gut überein. Wenn letztere durch ein Mehr von 0,5 Proc. chemisch gebundenen Wassers abweichen, so muß man bedenken, daß dessen Menge unter der Voraussetzung gefunden ist, daß beim Glühen außerdem nur Fluorkiesel entweicht.

Das Atomverhältniß B : Si = 4 : 9 möchte man vielleicht einfacher, = 1 : 2 erwarten. Hierzu ist aber zu bemerken, daß dies Verhältniß auf 38,5 Si O² 11,2 B² O³ bedingt. Nun hat die ältere Borsäurebestimmung allerdings nur 7,06 Proc. ergeben, die Wiederholung aber nach einer bessern Methode, wobei 2½ Proc. mehr erhalten wurden, zeigt, wie gegründet die Zweifel waren, welche ich schon damals gegen die directe Borbestimmung äußerte ¹⁾.

Die Turmaline No. 26 bis 30 bilden die zweite Abtheilung der Gruppe, in welcher Al : Si = 2 : 3 ist. Die Analysen stellen diese Proportion mit großer Schärfe fest (wobei der T. von Rozena natürlich nicht in Anschlag kommen kann).

1) A. a. O. Bd. 80, S. 466.

Qualitativ weichen diese farblosen, grünlichen, röthlichen oder rothen durchsichtigen T. dadurch von den übrigen ab, dafs sie *eisenfrei* und wesentlich lithionhaltig¹⁾ sind. Bloss der grünliche Turmalin von Elba enthält 1 Proc. Eisen.

Ganz besonders aber zeichnet sich diese Abtheilung durch das Zurücktreten der zweiwerthigen Elemente aus. In der ersten Abtheilung fand das Umgekehrte statt, auf 1 At. der Alkalimetalle kamen 2 bis 6 At. der \dot{R} , während wir hier haben:

$$\begin{array}{rcl} & (K, Na, Li) : \dot{R} & \\ \text{in No. 27} & = 1,4 : 1 & \\ 26 & = 2 : 1 & \\ 28. 29 & = 4 : 1 & \\ 30 & = 9,7 : 1. & \end{array}$$

Man könnte sie deshalb *Alkali-Turmaline* nennen.

Wo die Borsäure direct bestimmt wurde (in No. 28 und 30), ergiebt sich $B : Al = 2 : 3$, und dasselbe Verhältniß folgt auch für die übrigen, wo jene aus der Differenz ermittelt wurde.

Verwandelt man die stets kleine Menge der zweiwerthigen (Mn, Mg etc.) in ihr Aeq. einwerthiger Elemente, und bezeichnet sie mit \dot{R} , so hat man

$$\begin{array}{rcl} & \dot{R} : Al & \\ \text{No. 28} & = 1 : 1,5 & \\ 26 & = 1 : 1,6 & \\ 27. 30 & = 1 : 2 & \\ 29 \quad 1 & = 1 : 2,3. & \end{array}$$

In früheren Zeiten würde man diese Differenzen unerklärt gelassen oder den einzelnen Gliedern eine verschiedene Constitution zugeschrieben haben. Setzt man aber voraus, dafs in dem Mineral noch ein \dot{R} enthalten ist, der

1) Li ist auch in vielen T. der ersten Abtheilung enthalten, quantitativ bestimmbar aber nur in No. 24 und 25.

Wasserstoff, und zieht diesen mit in Rechnung, so erhält man:

$$\begin{aligned} & \text{R} : \text{Al} \\ \text{No. 26} &= 1,3 : 1 \\ 27 &= 1,1 : 1 \\ 28 &= 1,1 : 1 \\ 29 &= 1,1 : 1 \\ 30 &= 1,1 : 1 \\ \text{Oder } 1 &: 1. \end{aligned}$$

Es liegt also in dieser Abtheilung ein faktischer Beweis für die Gegenwart des Wasserstoffs in der Turmalinzusammensetzung.

Ist nun

$$\text{Al} : \text{Si} = 2 : 3$$

$$\text{B} : \text{Al} = 2 : 3$$

$$\text{R} : \text{Al} = 1 : 1,$$

so ist der allgemeine Ausdruck für die zweite Abtheilung

$$\text{R}^6 \text{Al}^6 \text{B}^4 \text{Si}^9 \text{O}^{45} = \left\{ \begin{array}{l} \text{R}^6 \text{Si} \text{O}^5 \\ 2 \text{B}^3 \text{Si} \text{O}^5 \\ 6 \text{Al} \text{Si} \text{O}^5 \end{array} \right\}$$

Der Typus dieser Abtheilung ist der schöne Turmalin von Elba No. 30, dessen blafs röthliche Krystalle zum Theil ganz farblos sind. Er enthält nur 0,7 Proc. Mn und 0,1 Mg, und stellt wahrscheinlich in seinen ungefärbten Theilen einen reinen Alkali-Turmalin dar.

Noch viel weniger hat sich ein T. gefunden, der frei oder fast frei von einwerthigen Elementen wäre, ein solcher müßte

$$\text{R}^3 \text{Al}^2 \text{B}^3 \text{Si}^4 \text{O}^{30} = \left\{ \begin{array}{l} \text{R}^3 \text{Si} \text{O}^5 \\ \text{B}^3 \text{Si} \text{O}^5 \\ 2 \text{Al} \text{Si} \text{O}^5 \end{array} \right\}$$

seyn.

Die beiden letzten Formeln bezeichnen die Normalglieder der beiden Turmalinabtheilungen.

No. 31. (25.)

Grüner Turmalin aus Brasilien.

Mit dieser durch ihre Farbe, Durchsichtigkeit und Härte ausgezeichneten Abänderung habe ich neuerlich wiederholte Untersuchungen angestellt.

Der Gehalt an *Fluor* wurde dabei = 0,705 Proc. gefunden.

Der *Glühverlust*, früher zu 2,92 Proc. bestimmt, ergab sich bei einer Wiederholung = 3,19 Proc., und das grobe grüne Pulver war in eine stark gesinterte graugrüne Masse verwandelt.

Wenn 0,705 Fl = 0,965 Si Fl⁴ sind, so sind 3,19 — 0,96 = 2,23 H³ O vorhanden.

Zwei Analysen mit kohlensaurem Alkali (*a* und *b*) und eine mit H Fl (*c*) mögen hier den Resultaten der früheren gegenübergestellt werden:

	früher	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Si O ³	38,55	38,01	37,55	
Al O ³	37,8 — 39,0	35,60	37,83	38,83
Fe O	6,61	5,58	5,56	5,55
Mn O	0,73	1,37	1,01	1,42
Mg O	0,73	0,96	1,07	
Li ³ O	1,20			1,39
Na ³ O	2,37			2,05
K ³ O	0,37			0,48

Als Mittel folgt:

				At.
H ³ O =	2,23	=	H	0,25
K ³ O	0,42		K	0,35
Na ³ O	2,21		Na	1,64
Li ³ O	1,30		Li	0,61
Mg O	0,92		Mg	0,55
Mn O	1,13		Mn	0,88
Fe O	5,83 ¹⁾		Fe	4,53
Al O ³	37,81 ²⁾		Al	20,11
(B ³ O ³)	10,09		B	3,17
Si O ³	38,06		Si	17,76

100.

1) A Mitscherlich fand 6,74 Proc.

2) Direct bestimmt.

Der brasilianische T. gehört zu den reinsten, seine Durchsichtigkeit und Härte sind vollkommen. Die wiederholten Analysen dürften gröfsere Fehler ausschliessen, ihre Berechnung sollte also zu ganz bestimmten Resultaten führen.

Nun finden wir hier das fundamentale Verhältnifs Al : Si weder $= 1 : 2$ noch $= 2 : 3$, sondern dazwischen liegend, denn $36,8 : 63,4$ ist $= 1 : 1,7$. Will man dieses Mittel nicht gelten lassen, so folgt aus

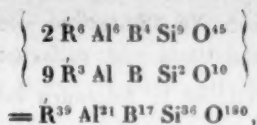
d. Minim. d. AlO^3 u. d. Maxim. d. SiO^2 $1 : 1,85$

d. Maxim. „ „ Minim. „ $1 : 1,65$.

Wer aber dennoch zweifelt, ob wir es nicht mit den Verhältnissen $1 : 2$ oder $2 : 3$ zu thun haben, möge sich die Mühe nehmen, die Rechnung unter dieser Annahme durchzuführen, er wird dann finden, dafs, wenn AlSi^2 in diesem T. steckte, schon das Minimum der gefundenen Thonerde 41,6 Proc. Kieselsäure, und das Maximum der letzteren nur 32,9 Thonerde erfordern würde, d. h. meine Bestimmungen jedes dieser beiden Körper müßten um mindestens 3 Proc. zu grofs oder zu klein seyn.

Wenn andererseits Al^2Si^3 vorhanden wäre, so würde der höchste Thonerdegehalt (39 Proc.) doch nur 34,2 Proc. Kieselsäure bedingen, überhaupt aber letztere weniger betragen als jene, wovon gar nicht die Rede seyn kann.

Ich glaube also überzeugend dargethan zu haben, dafs der T. aus Brasilien weder der ersten noch der zweiten Abtheilung angehört. Aber er vereinigt gleichsam die Charaktere beider in sich. Sein Gehalt an Eisen (Mn, Mg) erinnert an die erste, das Lithion und seine physikalischen Eigenschaften reihen ihn in die zweite ein. Es ist daher der nächstliegende Gedanke, ihn für eine isomorphe Mischung aus beiden zu halten, und es entspricht den gefundenen Werthen ganz gut, wenn man annimmt, die Zusammenlagerung sey im Verhältnifs äquivalenter Mengen erfolgt, d. h.



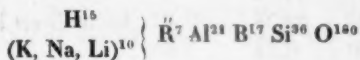
dann muß:

Al : Si = 7 : 12 = 1 : 1,714	gefunden 1 : 1,72
B : Al = 1 : 1,235	1 : 1,27.

Mit den Analysen stimmt ferner die Theilung der 39 \dot{R} in $H^{15} \dot{R}^{10} \ddot{R}^7$ sehr gut, weil dann

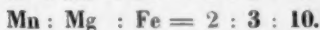
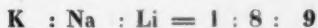
$\ddot{R} : Al = 1 : 3$	gefunden 1 : 3,06
$\dot{R} : \ddot{R} = 1,43 : 1$	1,4 : 1
$H : \dot{R} = 1,5 : 1$	1,5 : 1

so daß die specielle Formel



ist:

Berechnung:



15	H	=	15	=	H ² O	2,35
0,56	K	=	21,67		K ² O	0,45
4,44	Na	=	102,2		Na ² O	2,40
5	Li	=	35		Li ² O	1,30
1,4	Mg	=	33,6		MgO	0,98
0,94	Mn	=	51,3		MnO	1,16
4,66	Fe	=	261,3		FeO	5,85
21	Al	=	1146,6		AlO ³	37,53
17	B	=	187		B ² O ³	10,36
36	Si	=	1008		SiO ³	37,62
180	O	=	2880			100.
			5741,67.			

No. 32. (26.)

Grüner Turmalin von Chesterfield.

Diese Abänderung ist im folgenden vollständig neu untersucht.

1. *Glühverlust* = 3,06 Proc. Das grobe Pulver war eine stark gesinterte grüngraue Masse geworden, in welcher durch die Lupe einige Quarzkörner sich bemerken ließen.

2. *Fluorbestimmung*. Sie ergab 0,55 Proc., welche, 0,75 Si Fl⁴ entsprechend, mit Rücksicht auf 3,06 Proc. Glühverlust auf 2,31 H² O führen.

3. *Borsäurebestimmung*. Aus dem K B Fl⁴ folgen 9,73 Proc. B² O³.

4. Zwei Analysen, a) mit kohlensaurem Alkali und b) mit HFl, deren Resultat ist:

	a.	b.
Si O ²	41,84	
Al O ³	34,32	35,67 (beide direct bestimmt)
Fe O ³	6,33	6,65
Mn O	0,86	0,68
Mg O	1,48	1,85
Ca O	0,27	0,42
Li ² O		1,24
Na ² O		2,85
K ² O		0,30

Es ist zu bemerken, daß dieser T. theilweise trübe, weich und in Glimmer verwandelt erscheint, so wie, daß die Substanz nicht ganz frei von Quarz war. Letzterem Umstande ist es zuzuschreiben, daß hier die Si O² noch mehr beträgt wie in den früheren Versuchen. Seine Farbe, sein V. G., sowie seine Zusammensetzung im Allgemeinen aber lassen keinen Zweifel, daß die Turmaline von Brasilien und von Chesterfield identisch sind. Die bei jenem, als dem reinen und frischen, gewonnenen Resultate müssen also hier berücksichtigt werden.

Zieht man aus sämtlichen Versuchen das Mittel, und

fügt die niedrigste Zahl für die Si O^2 hinzu, so erhält man:

					At.
	H^2O	2,31	=	H	0,26
	K^2O	0,47		K	0,39
	Na^2O	2,47		Na	1,83
	Li^2O	0,72		Li	0,336
	CaO	0,50		Ca	0,36
	MgO	1,38		Mg	0,83
	MnO	0,78		Mn	0,60
	FeO	6,38		Fe	4,96
	AlO^2	36,80		Al	19,577
	B^2O^3	9,73		B	3,06
	Si O^2	40,09 (38,46)		Si	18,71 (17,95)
		101,63			
					67 (64)

Dann ist:

$$\text{Al} : \text{Si} = 1 : 1,8 \quad (1,77)$$

$$\text{B} : \text{Al} = 1 : 1,28$$

$$\text{B} : \text{Si} = 1 : 2,4$$

$$\text{R} : \text{Al} = 1 : 2,5$$

$$\text{R} : \text{R} = 1 : 1.$$

Wird das erste Verhältniß gleich wie beim brasilianischen Turmalin $= 7 : 12 = 1 : 1,714 \dots$ angenommen, so wie

$$\text{R} : \text{Al} = 1 : 2,625$$

$$\text{R} : \text{R} = 1 : 1$$

so folgt die fast identische Formel ¹⁾



deren Berechnung, wenn

$$\text{K} : \text{Na} : \text{Li} = 1 : 8 : 5$$

$$\text{Ca} : \text{Mn} : \text{Mg} : \text{Fe} = 1 : 1 : 3 : 9$$

ist, ergibt:

1) Ganz reines Material dürfte wohl die vollkommene Gleichheit beider Turmaline ergeben.

15	H	=	15	=	H ² O	2,34
0,57	K	=	22,23		K ² O	0,47
4,57	Na	=	105,11		Na ² O	2,46
2,86	Li	=	20		Li ² O	0,74
0,57	Ca	=	22,8		Ca O	0,55
1,71	Mg	=	41		Mg O	1,19
0,57	Mn	=	31,35		Mn O	0,70
5,15	Fe	=	288,4		Fe O	6,43
21	Al	=	1146,6		Al O ³	37,36
17	B	=	187		B ² O ³	10,31
36	Si	=	1008		Si O ²	37,45
180	O	=	2880			100.
						5767,49.

III. Ueber Emission, Absorption und Reflexion der bei niederer Temperatur ausgestrahlten Wärmearten; von G. Magnus.

(Schluß von S. 457.)

Gegen diesen zweiten Theil der Abhandlung, deren erster auf S. 431 dieses Bandes sich findet, hat Hr. Knoblauch einen besonderen Angriff gerichtet, S. 282 d. B. Er erwähnt darin zunächst, daß ich früher seine Arbeiten der Akademie mitgetheilt und daß er mir seine Dissertation dedicirt habe. Weshalb Hr. Knoblauch dieß hervorhebt, weiß ich nicht, vermute aber, um den Fehler, den ich nach seiner Ansicht begangen habe, seine Arbeiten nicht zu kennen oder nicht erwähnt zu haben, greller hervortreten zu lassen.

Die Methode, welche Hr. K. als sein fünftes Prüfungsmittel der Wärme bezeichnet, nämlich die Durchstrahlung verschiedener diathermaner Substanzen, kann nicht entscheiden, ob die Wärme einfach ist. Die Einfarbigkeit der von einem Körper ausgestrahlten Wärme kann nur nachgewiesen werden durch Bestimmung des Brechungsexponenten oder dadurch, daß dieselbe vollkommen absorbirt wird durch eine Substanz, welche alle anderen Wärmearten vollkommen durchläßt; dieß muß nach dem Kirchhoff'schen Satze die gleichartige Substanz seyn. Aber auch diese wird

nur dann so wirken, wenn die Temperaturverschiedenheit nicht zu groß ist; sonst ist es wahrscheinlich, daß die erwärmte Substanz noch andere Wärmearten aussendet als die nicht erwärmte aussendet und absorbiert, so scheint es sich z. B. mit dem Sylvin zu verhalten.

Die Versuche der Hrn. K. über Reflexion sind mit einem Argand'schen Brenner und anderen Wärmequellen angestellt, die eine große Mannigfaltigkeit von Strahlen aussenden, von denen gewisse durch die *diffus* reflectirenden Substanzen absorbiert werden, so daß man die übrigen reflectirt erhält. Diese in alle Lehrbücher übergegangene Thatsache zu erwähnen schien mir nicht angemessen, da es sich bei meinen Versuchen um *regelmäßige* Reflexion von Strahlen handelte, die von einer Substanz ausgehen, die nur eine oder einige wenige Wellenlängen aussendet.

II. Ueber die Reflexion der Wärme.

Einleitung.

Nachdem es gelungen war, die Wärme verschiedener bis 150° C. erhitzter Substanzen frei von den Strahlen der erhitzenden Flammen und anderer erwärmender Körper zu erhalten und es dadurch möglich geworden nachzuweisen, daß es Körper giebt, die nur eine oder einige wenige Wellenlängen ausstrahlen, während die meisten eine größere Zahl aussenden, konnte man versuchen die Frage zu beantworten, ob die Körper auch in Bezug auf ihr Reflexionsvermögen ähnliche Besonderheiten zeigen, namentlich ob solche Verschiedenheiten, wie sie in Bezug auf Emission, Absorption und Durchgang der Wärme bei Körpern, die sich gegen das Licht ganz gleich verhalten, beobachtet sind, auch in Bezug auf die Reflexion der Wärme vorkommen. Früher war solche Untersuchung nicht möglich, weil sich voraussehen liefs, daß Unterschiede in dem Reflexionsvermögen nur dann bestimmt erkennbar seyn würden, wenn Strahlen von nur einer oder von einigen wenigen Wellenlängen zur Anwendung kommen, da, wenn aus einer großen Anzahl verschiedener Wellenlängen auch einzelne vorzugsweise reflectirt werden sollten, dadurch die gesammte reflectirte Menge nicht merklich gesteigert wird.

Strahlen, die sämmtlich von einer oder wenigen Wellenlängen sind, konnte man auch schon früher herstellen, entweder indem man einzelne Theile eines mit einem Steinsalzprisma erzeugten Spectrums benutzte, oder indem man die Strahlen einer Wärmequelle, die viele Wellenlängen aussendet, z. B. die einer Lampe, durch Substanzen gehen liefs, die eine Anzahl dieser Wellenlängen absorbirten. Allein es giebt nur sehr wenig Substanzen, welche Strahlen von nur einer oder von wenigen Wellenlängen durchlassen, und ausserdem sind diese durchgelassenen ebenso wie die durch das Prisma erhaltenen Strahlen von nur geringerer Intensität.

Trotz dieser Schwierigkeit haben die HHrn. La Provostaye und Desains¹⁾ schon im Jahre 1849 gezeigt, dafs von der Wärme einer Locatelli'schen Lampe, je nachdem sie durch Glas oder durch Steinsalz gegangen war, von Spiegelmetall, Silber und Platin verschiedene Mengen reflectirt werden, und zwar für alle reflectirenden Flächen von der durch Glas gegangenen weniger als von der durch Steinsalz.

Bald darauf haben Dieselben²⁾ mit der mittelst eines Glasprismas zerlegten Wärme einer Lampe umfangreiche Versuche veröffentlicht, bei denen sich ebenfalls zeigte, dafs die Wärme der verschiedenen Theile des Spectrums verschieden reflectirt wird. Allein sie haben ohne Zweifel wegen der geringen Intensität der auffallenden Wärme ihre Versuche auf die Reflexion durch metallische Oberflächen beschränkt. Jetzt, wo man in dem Steinsalz eine Substanz hat, die nur eine oder einige wenige Wellenlängen aussendet, und auch andere Körper kennt, die bei der Temperatur von 150° C. eine beschränkte Zahl von Wellenlängen ausstrahlen, war es möglich, die Versuche über die Reflexion auch auf nicht metallische Oberflächen auszudehnen.

1) *Comptes rendus XXVIII*, 501.

2) *Annales de Chimie III. Ser.*, XXX, 159. *Pogg. Ann. Ergänzungsband III*, 411.

Die Art, wie die Versuche ausgeführt wurden, war folgende.

Die Platten, deren Wärme untersucht werden sollte, wurden, wie bei den Versuchen über Emission und Absorption, mittelst der Aerolampe erwärmt, und die Strahlen gingen, wie bei jenen Versuchen, zunächst durch eine Oeffnung, die sich in einem Schirm aus doppelten Metallwänden befand. Sodann durch eine zweite Oeffnung, die in einem ähnlichen Metallschirm angebracht war. Beide Schirme, *AB* und *CD* Fig. 8 Taf. III, waren 14^{cm} von einander entfernt. Der erste *AB* war 7^{cm} von der Lampe. Die Oeffnungen hatten bei den Versuchen, die in der Tabelle S. 588 mitgetheilt sind, 20^{mm} im Quadrat.

Auch hier war, wie bei den früheren Versuchen, ein beweglicher Schirm *FG* zwischen der erhitzten Platte und dem ersten Diaphragma angebracht, außerdem aber noch ein zweiter *PR* zwischen beiden Diaphragmen. Beide wurden gleichzeitig entfernt, wenn die Beobachtung stattfinden sollte. Um diess leichter bewerkstelligen zu können, war der Schirm *FG* so angebracht, daß er nur in die Höhe gezogen zu werden brauchte.

Hinter dem zweiten Diaphragma war eine horizontale mit einer Kreistheilung versehene Platte *OQ*, die 30^{cm} im Durchmesser hatte, so angebracht, daß sie etwas tiefer als der untere Rand der beiden Oeffnungen sich befand und um eine verticale Axe drehbar war, deren Verlängerung durch die Verlängerung der die Mittelpunkte der beiden Oeffnungen verbindenden Linie ging. Auf dieser Kreisscheibe war eine dünne Platte *VW* befestigt, deren Mittellinie mit dem Durchmesser der Scheibe zusammenfiel. Auf derselben befand sich die mit einem Conus versehene Thermosäule. Um diese gegen Temperatur-Aenderungen zu schützen, war sie mit einem Glaskasten umgeben, aus dem der Rand des Conus nur um 3^{mm} hervorragte. Ueber diesem Glaskasten befand sich noch ein Kasten aus Pappe *LM*, der überall nur 10^{mm} von dem Glaskasten entfernt war. Er hatte nur

eine viereckige Oeffnung, genau so groß, wie die vorher erwähnten Oeffnungen. Die Wand des Kastens, in der diese sich befand, lag nahe an dem Rand des Conus, und ihr Mittelpunkt fiel in die Axe desselben. Wurde die getheilte Scheibe so gedreht, daß diese Wand des Kastens mit den vorerwähnten Schirmen parallel war, so lag der Mittelpunkt der in ihr befindlichen Oeffnung mit den Mittelpunkten der in den Schirmen angebrachten in einer Horizontalen, die zugleich die Axe der Thermosäule war. Der Abstand dieser Wand des Kastens von der Drehungsaxe betrug 10^{cm}. Bei dieser Stellung der Säule konnte man die Erwärmung derselben bei direkter Bestrahlung beobachten.

Um aber die Reflexion zu untersuchen, war noch eine kleine getheilte Scheibe ZZ auf der Platte VW befindlich, die sich ganz unabhängig um die verticale Axe der Scheibe OQ drehen liefs. Auf dieser Scheibe wurde die reflectirende Platte vertical so befestigt, daß die verticale Mittellinie ihrer reflectirenden Ebene in die Axe der Scheibe PQ fiel.

Durch diese Einrichtung war es möglich, die Strahlen der ausstrahlenden Platte unter jeden Winkel auf die reflectirende Fläche fallen zu lassen, und die Säule so anzubringen, daß die reflectirten Strahlen zu ihr gelangten. Der Weg, den der Strahl von der erwärmten Platte bis zur Thermosäule zurückzulegen hatte, blieb dabei stets von gleicher Länge 64^{cm}, die Bestrahlung mochte direkt oder durch Reflexion stattfinden.

Die Reflexion wurde bestimmt für verschiedene Einfallswinkel von 26° bis 70°. Größere Winkel anzuwenden, schien überflüssig, und wenn man kleinere benutzen wollte, trat die Thermosäule hindernd in den Weg der auffallenden Strahlen.

Substanzen, die man in hinreichend großen Platten erhalten kann, um ihre Reflexion zu untersuchen, giebt es ausser den Metallen und ihren Legirungen nur wenige. Die Metalle aber bieten unter sich keine große Verschiedenhei-

ten dar, wie das schon aus den vorher erwähnten Versuchen von La Provostaye und Desains hervorgeht.

Zunächst wurde das Reflexionsvermögen von Silber, Glas, Steinsalz, Sylvin und Flussspath untersucht. Als ausstrahlende Platten sind dabei dieselben Substanzen benutzt worden, nur ist noch Kienrufs auf Silber zum Vergleich hinzugefügt.

Die Zahl der Beobachtungen, die angestellt wurden, ist eine sehr große gewesen, besonders mit der von Steinsalz ausgesandten Wärme, da es darauf ankam, die auffallenden Erscheinungen, welche diese in Bezug auf Reflexion zeigt, festzustellen. Es wäre unnütz, diese Beobachtungen alle anzuführen. In der folgenden Tabelle ist für jede der ausstrahlenden Substanzen eine Reihe derselben enthalten. Für jede ausstrahlende Substanz ist der bei direkter Bestrahlung, d. i. ohne Reflexion erhaltene Ausschlag des Galvanometers angegeben, damit man einen Vergleich für die Größe der Ausstrahlung habe. Die übrigen Beobachtungen sind nur nach Procenten der direkten Bestrahlung angeführt.

Man darf übrigens keine zu großen Ansprüche an die Uebereinstimmung der erhaltenen Werthe machen. Die reflectirenden Platten waren zwar alle eben geschliffen und polirt, aber es war schwer, sie immer ganz genau senkrecht einzustellen. Ausserdem übt bei diathermanen Substanzen auch die Beschaffenheit der hinteren Fläche einen nicht unbedeutenden Einfluss auf die Reflexion. Endlich war es nicht möglich, die Beobachtungen andauernd hinter einander anzustellen, weil, wenn die Versuche während längerer Zeit fortgesetzt wurden, sich der der Aerolampe zunächst befindliche Schirm trotz aller angewandten Vorsicht so stark erwärmte, dass Wärme von ihm zur Säule gelangte. Dann mussten die Beobachtungen unterbrochen werden. Allein, wenn sie später wieder aufgenommen wurden, war es nicht möglich, die ausstrahlende Platte immer genau auf dieselbe Temperatur wie zuvor zu bringen.

Reflektirende Platten	Ausstrahlende Substanz				
	Kohle auf Silber ¹⁾	Glas	Steinsalz	Sylvin	Flusspath
Ohne Reflexion oder direkt	124,5 = 100	119,8 = 100	21,5 = 100	35,5 = 100	63,0 = 100
Silber polirt	93,6 pC. 94,4 93,6	88,8 pC. 89,4 94,2	84,8 pC. 89,4 96,9	82,5 pC. 92,6 99,0	82,5 pC. 86,0 87,3
Glas	8,4	7,5 8,6 14,8	7,0 9,3 13,9	6,7 9,2 13,5	11,0 15,0
Steinsalz	8,3	7,6 8,2 12,9	6,0 8,4 12,8	6,5 8,1 10,8	4,9 10,0 11,7
Sylvin	3,6	2,6 3,5 8,5	4,6 6,0 10,7	2,7 5,4 8,9	2,7 4,0 10,8
Flusspath	8,6	7,2 8,8 14,3	23,0 24,2 33,5	15,4 18,1 24,3	6,5 10,9 12,4

1) Die Kohle oder das Lampenschwarz befand sich nur in dünner Schicht auf der Silberplatte, weil es sich in dickerer Lage lösderte. Wahrscheinlich ist deshalb die Ausstrahlung etwas zu gering.

Aus dieser Tabelle erkennt man trotz der erwähnten Unsicherheiten der Beobachtungen, daß von der Wärme, welche die fünf angewandten Substanzen ausstrahlten, zwar nicht gleiche, aber nur wenig verschiedene Antheile unter demselben Winkel von den verschiedenen Platten reflectirt werden. Nur der Flußspath macht eine Ausnahme. Denn von den verschiedenen Wärmearten reflectirt unter dem Winkel von 45°

Silber	86 bis 94,4 Proc.
Glas	8,4 bis 11
Steinsalz	8,2 bis 10
Sylvin	3,5 bis 6.

Der Flußspath dagegen reflectirt unter demselben Winkel von der Wärme des Steinsalzes 24,2 Proc. und von der des Sylvins 18,1 Proc. Von den übrigen Wärmearten reflectirt er dagegen nur ähnliche Antheile wie die übrigen Substanzen Glas, Steinsalz etc.

Reflexion an der Oberfläche von anderen Substanzen.

Außer den oben erwähnten reflectirenden Platten sind auch noch Platten von Selen, Kalkspath, Glimmer, Gyps, Quarz, Schwerspath, Kryolith, Chlorsilber, Salmiac, Alaun, Marmor und Paraffin angewendet worden. Es lassen sich bei einzelnen derselben wohl Verschiedenheiten in der Reflexion der verschiedenen Wärmearten erkennen, allein sie sind unbedeutend und haben kein sicheres Resultat geliefert. Dagegen reflectiren die verschiedenen Platten eine und dieselbe Wärmeart in sehr verschiedenem Maasse. Zum Theil mag dieß davon herrühren, daß einige derselben, wie Kryolith, Salmiac, nicht den Grad von Politur oder Glätte annehmen wie andere, z. B. Quarz oder wie sie die Spaltungsflächen von Glimmer und von Kalkspath besitzen. Zum Theil aber werden diese Verschiedenheiten auch dadurch bedingt, daß die Platten mehr oder weniger diatherman sind. Denn bei diathermanen Platten findet die Reflexion nicht an der vorderen Fläche allein, sondern auch an der hinteren statt. Deshalb zeigt z. B. eine dünne Stein-

salzplatte eine andere Reflexion als eine dicke, und je nachdem die hintere Fläche mehr oder weniger polirt ist, ändert sich der Einfluß derselben ¹⁾).

Nur vom Flußspath ist mit voller Sicherheit festgestellt, daß er ein bedeutend größeres Reflexionsvermögen für die vom Steinsalz und Sylvin ausgesandten Strahlen besitzt, als für alle andere Strahlen.

Es wäre möglich und ist sogar wahrscheinlich, daß auch noch andere Substanzen ein ähnliches, ausgezeichnetes Reflexionsvermögen besitzen, allein es ist klar, daß, wenn dies für eine von den vielen Wellenlängen, welche die meisten Körper aussenden, vorhanden seyn sollte, die gesammte Reflexion aller dieser verschiedenen Strahlen nicht in dem Maasse dadurch geändert würde, daß die Aenderung sich erkennen ließe. Am meisten würden Verschiedenheiten in der Reflexion bei Anwendung von Steinsalzwärme, die, wie in dem ersten Theile dieser Arbeit S. 449 gezeigt worden, nur eine oder einige wenige Wärmearten enthält, hervortreten.

Auch hier bestätigt sich, was bei den Versuchen über Emission und Absorption bereits hervorgehoben, daß der Sylvin zwar eine große Menge von derselben Wärme wie das Steinsalz ausstrahlt, daneben aber auch noch andere Wärmearten, denn der Flußspath reflectirt von der Wärme des Sylvins nur 18,1 Proc., während er von der des Steinsalzes 24,2 Proc. reflectirt.

Reflexion unter verschiedenen Winkeln.

Die Werthe für die verschiedenen Ausstrahlungswinkel, welche in der Tabelle enthalten sind, bieten in so fern ein

- 1) Vielleicht hat auch die geringe Reflexion an der Sylvinfläche darin ihren Grund, daß die zur Reflexion benutzte Platte sehr dick und an ihrer Hinterfläche unregelmäßig begrünzt war. Ganz klare Platten von Sylvin, die eine hinreichende Größe für die Reflexion haben, sind sehr selten. Die angewandte gehörte einem Krystall an, der 80^{mm} im Durchmesser hatte und vollkommen wasserhell war. Es ist der größte mir bekannte von solcher Klarheit, und ich habe nicht gewagt, ihn durchzuschneiden, da der Sylvin noch leichter als das Steinsalz zu zerspringen

Interes
bei ve
sehr g
ziemlic
das de
Desai
als sie
flectire
Metalle
groß i
sehr g
pern,
Wärm
denen

Die
verschi
einen
für die
sind.
reflecti
Arbeit
fen, in
vorlieg
Be
schen
währt
Wärm
Prov
vollko

gen
Refle
Rän
1) An
ban
2) Ue
3) M
und
Sér

Interesse, als sie zeigen, daß die Aenderungen der Reflexion bei verschiedener Incidenz an der Oberfläche von Silber sehr gering, an der von nicht metallischen Körpern aber ziemlich bedeutend sind. Ein ganz ähnliches Verhalten wie das des Silbers, haben die HHrn. De la Provostaye und Desains¹⁾ auch bei fast allen andern Metallen beobachtet, als sie von ihnen die Wärme einer Modérateurlampe reflectiren ließen. Es scheint daher, daß überhaupt bei den Metallen, bei denen die Menge der reflectirten Wärme sehr groß ist, die Unterschiede für verschiedene Einfallswinkel sehr gering sind. Wogegen bei den nicht metallischen Körpern, an deren Oberflächen viel geringere Mengen von Wärme reflectirt werden, die Unterschiede für die verschiedenen Einfallswinkel sehr viel bedeutender sich zeigen.

Die geringe Verschiedenheit der durch Silber unter den verschiedensten Einfallswinkeln reflectirten Wärmen bildet einen neuen Beweis dafür, daß die Fresnel'schen Formeln für die Reflexion der Wärme von Metallen nicht anwendbar sind. Das Maximum der Polarisation der von den Metallen reflectirten Wärme zu bestimmen, ist mir bei einer früheren Arbeit²⁾ nicht gelungen. Es war daher unmöglich zu prüfen, in wie weit die von Cauchy gegebenen Formeln den vorliegenden Beobachtungen entsprechen.

Bei nicht metallischen Körpern, bei denen die Fresnel'schen Formeln sich für das Licht in so hohem Maasse bewährt haben, konnte man zweifeln, ob sie auch für die Wärme anwendbar seyen. Indefs haben die HHrn. De la Provostaye und Desains³⁾ sie für leuchtende Wärme vollkommen bestätigt gefunden. Ebenso habe ich in einer

gen pflegt. Beim Flußspath, dessen Platten nicht groß genug für die Reflexion unter 62° waren, wurden zwei dünne Platten, die gerade Ränder hatten, dicht aneinander gesetzt.

1) *Annales de Chim. III, Ser. XXX, 284.* Pogg. Ann. Ergänzungsband III, 435.

2) Ueber die Polarisation der Wärme von 100° C.

3) *Mémoire sur la Polarisation de la chaleur par Refraction simple und Mémoire sur la Réflexion de la chaleur. Annales de Chim. III. Sér., XXX, 159 und 276.* Pogg. Annal. Ergänzbd. III, 411 und 429.

Abhandlung Ueber die Polarisation der Wärme und ihren Durchgang durch parallele Platten¹⁾ gezeigt, daß auch bei dem Durchgang der dunkeln Wärme durch Platten von Glas oder Glimmer diese Formeln mit der Erfahrung vollständig übereinstimmen. Man wird sich daher annäherungsweise derselben für die Bestimmung der Intensität der gebrochenen Wärmestrahlen bedienen können. Für die vollständige Uebereinstimmung tritt aber noch die besondere Schwierigkeit ein, daß die größte Anzahl der nicht metallischen Körper mehr oder weniger diatherman sind. Man hat es daher nicht mit der an der vorderen Fläche allein reflectirten Wärme zu thun, sondern diese tritt mit der an der hinteren reflectirten gemischt auf.

Die große Menge von Steinsalzwärme, welche an der Oberfläche des Flußspathes reflectirt wird, erklärt auch, weshalb der Flußspath wenig oder gar nichts von dieser Wärme durchläßt und dennoch nur sehr wenig derselben ausstrahlt, was, wie oben S. 453 erwähnt, daraus hervorgeht, daß die von ihm ausgestrahlte Wärme nur wenig vom Steinsalz absorbiert wird.

Ergebnisse.

Auch hier hat sich, wie bei den Versuchen über Emission und Absorption, bestätigt, daß der Sylvin zwar eine große Menge von Steinsalzwärme, daneben aber auch noch andere Wärmearten aussendet. Denn der Flußspath reflectirt von der Wärme des Sylvins unter 45° etwa 15 Proc, also weniger als von der des Steinsalzes und mehr als von der der übrigen ausstrahlenden Körper.

Wenn es ein Auge gäbe, das die verschiedenen Wellenlängen der Wärme ebenso wie die Farben des Lichtes zu unterscheiden vermöchte, so würde diesem, wenn die Strahlen des Steinsalzes auf verschiedene Körper fielen, der Flußspath heller als alle andern erscheinen. Fielen die Strahlen vom Sylvin auf dieselben, so würde der Flußspath

1) Pogg. Ann. CXXVII, 600.

auch heller als alle übrigen Körper erscheinen, aber nicht so hell wie bei Steinsalzbestrahlung.

Durch Melloni weifs man, dafs die verschiedenen Substanzen die Wärme in sehr verschiedenem Maafse durchlassen, und dafs die Wärmequelle, von der sie stammt, von bedeutendem Einflufs für die Durchlassung ist. Allein man unterschied die Wärmequellen nur nach ihrem Wärmegrad und wufste, dafs mit zunehmender Temperatur die Mannigfaltigkeit der ausgestrahlten Wellenlängen zunimmt. In dem ersten Theile dieser Untersuchung ist gezeigt, dafs auch bei einer und derselben Temperatur, und zwar bei einer, die sehr weit von der Glühhitze entfernt ist, bei 150° C., die verschiedenen Substanzen sehr verschiedene Wärmearten aussenden, dafs also in jedem Raume eine auferordentlich grofse Zahl verschiedener Wellenlängen, auch bei niedriger Temperatur, sich kreuzen. Dazu kommt die soeben nachgewiesene sehr verschiedene Reflexion gewisser Wärmearten an einzelnen Oberflächen, so dafs dadurch die Mannigfaltigkeit der Strahlen von dieser niederen Temperatur noch besonders vermehrt wird.

Ein Auge, das die verschiedenen Wellenlängen der Wärme wie die Farben des Lichts zu unterscheiden vermöchte, würde alle Gegenstände, ohne dafs sie besonders erwärmt wären, in den allerverschiedensten Farben erblicken.

III. *Zur Theorie der Farben;* von Dr. J. J. Müller.

(Schlufs von S. 431.)

Ueber die Abhängigkeit der Fluorescenz der Retina von der Wellenlänge und Intensität des auffallenden Lichtes.

Für die qualitativen Mischungsversuche werden von den Veränderungen, welche die Lichtstrahlen im Auge noch vor

Poggendorff's Annal. Bd. CXXXIX.

ihrer erregenden Wirkung erleiden, von besonderer Wichtigkeit die Aenderungen ihrer Brechbarkeit. Das Studium der Fluorescenz im Auge muß daher mit zu den Grundlagen der Farbentheorie gerechnet werden. Wie bekannt, zeigen sowohl Cornea und Linse als Retina Fluorescenz; es ist aber klar, daß nur die Fluorescenz der letzteren von wesentlichem Einflusse auf die Resultate der Farbenmischung seyn kann. Denn die von der Linse und Hornhaut ausgesandten Strahlen werden sich in diffuser Weise über die ganze Retina verbreiten und dürfen so dem Eigenlicht derselben zugezählt werden. Der Einfluß des letzteren muß aber auf alle Farben ein gleichmäßiger seyn.

Zu größerer Einfachheit der Darstellung nenne ich im Folgenden: *Fluorescenzlicht* diejenige eigenthümliche Farbenerscheinung, welche beim Auffallen eines homogenen Lichtbüschels auf eine fluorescirende Substanz dem bloßen Auge sich darbietet; *Fluorescenzspectrum*, die prismatisch zerlegte Farbenerscheinung, die durch das Auffallen eines homogenen Lichtbüschels auf die fluorescirende Substanz neu erzeugt ist. Die Helligkeit und Farbe des Fluorescenzlichtes sowohl als die Mannigfaltigkeit des Fluorescenzspectrum und die Intensität jedes ihrer Elemente sind Functionen der Wellenlänge und der Intensität des auffallenden Lichtes. Diese Abhängigkeit soll für die Retina untersucht werden.

Die Untersuchung geschah an der herausgeschnittenen möglichst frischen Retina nach einer Methode, welche der von Hrn. Helmholtz angewandten ¹⁾ sehr ähnlich ist. Wie überall, wo es sich um Erkennen sehr geringer Grade von Fluorescenz handelt, mußte auf die Retina Licht von nur einer bestimmten Brechbarkeit, dieses aber in möglichst großer Stärke, auffallen, was die Herstellung eines vollkommen homogenen und möglichst intensiven Strahlenbüschels bei vollkommener Abblendung alles diffusen Lichtes von der Retina forderte. Damit war dann auch von selbst die für die specielle Richtung der Untersuchung geeignete Methode gegeben. Weiter mußte jede Spur falsch dispergirt

1) Helmholtz, Pogg. Ann. Bd. 94, S. 205.

weißen
Fluore
gen in
Vo
durch
von 4
matisch
der B
von 6
Minim
spectr
holtz
ja in
dieser
stimmt
durch
Durch
bezie
dieser
prism
ihm s
Brenn
Schirr
len li
und
schlo
urspr
herrli
zu e
Netz
meist
fort
gegeb
auf d
Rück
wurd
lung

weisen Lichtes vermieden und einer Täuschung durch fremde Fluorescenz vorgebeugt seyn. Ich suchte diesen Forderungen in folgender Weise nachzukommen (Fig. 2 Taf. III).

Vom Heliostaten H reflectirt fielen die Sonnenstrahlen durch einen beliebig zu erweiternden verticalen Spalt s_1 von 4 Cent. Höhe in 3 Meter Entfernung auf eine achromatische Linse L von 40 Cm. Brennweite. In der Mitte der Brennweite nahm sie das Münchener Flintglasprisma P von 60° brechendem Winkel, die Kante vertical und im Minimum der Ablenkung auf. Das von ihm entworfene spectrale Bild des Spaltes s fiel auf den von Hrn. Helmholtz construirten Schirm S , es war sehr hell, aber unrein, ja in der Mitte in kleiner Ausdehnung ganz weifs. Von diesem Spectrum wurde jetzt ein kleiner Theil, einer bestimmten Brechbarkeit entsprechend, herausgegriffen, um ihm durch eine zweite Zerlegung die Homogenität zu verschaffen. Durch den einen Spalt S (er soll durch denselben Buchstaben bezeichnet seyn wie der Schirm) gedrungen, fiel nämlich dieser Theil in 25 Cm. Entfernung auf ein verticales Quarzprisma p_1 von 50° brechendem Winkel. Unmittelbar hinter ihm stehend, entwarf eine achromatische Linse l von 5 Cm. Brennweite ein spectrales Bild von S auf einem schwarzen Schirm s_2 aus Carton. Dieses Spectrum zeigte den sehr hellen linearen Streifen, welcher der gewählten Farbe entsprach und jetzt als homogen betrachtet werden konnte; daran schlofs sich die Reihe der schwächeren Farben, die von der ursprünglichen Beimischung von Weifs zu jenem Streifen herrührte. Der Schirm s_2 enthielt einen verticalen, beliebig zu erweiternden Spalt. Ueber seine Rückseite wurde die Netzhaut in nicht zu dicker Lage ausgebreitet; sie blieb meistens ohne Weiteres auch in dieser verticalen Lage sofort an ihm haften. Dem Spalte wurde eine solche Lage gegeben, dafs nur die intensive gewählte Farbe durch ihn auf die Netzhaut fiel. Auf der letzteren war dann von der Rückseite aus nur dieses eine helle Bild zu sehen. Es wurde durch ein zweites Quarzprisma p_2 nicht in der Richtung des direct durchgehenden Lichtes betrachtet. Die bre-

chende Kante dieses Prisma kann horizontal nach der Methode von Stokes, oder, was vielleicht hier noch passender ist, ebenfalls vertical wie diejenige der übrigen gestellt seyn.

Die Versuche waren immer an sehr hellen Sommertagen angestellt. Das Beobachtungszimmer war möglichst verdunkelt, eine Reihe aufgestellter Schirme suchte das noch vorhandene Licht von der Retina abzuhalten. Um dasjenige Licht, das in p_1 und l etwa noch diffus zerstreut worden war, fortzuschaffen, war unmittelbar vor dem Schirme s , eine blaue Glasplatte B aufgestellt. Durch die besondere Art der Application der Retina war endlich jede Fluorescenz eines Trägers (z. B. von Glasplatten, in deren Wahl man nicht vorsichtig genug seyn kann) ausgeschlossen. Die Versuche waren immer an ganz frischen, unmittelbar nach dem Tode des Thieres herausgeschnittenen Rindsaugen angestellt.

Es ist ersichtlich, daß die oben präcis gefasste Aufgabe sich bei der Retina nicht in der Allgemeinheit in genauen Messungen lösen läßt, wie es dort gefordert ist. Es giebt aber einzelne ausgezeichnete Punkte, deren Kenntniß ein vollkommen richtiges Gesamtbild jener Function verschafft. Diese suchte ich zu ermitteln.

Zunächst läßt sich die Abhängigkeit des Fluorescenzspectrum von der Wellenlänge des erzeugenden Lichtes im Allgemeinen leicht auf folgende Weise demonstriren. Der Spalt S steht zunächst im Violett, etwa in der Mitte zwischen den Linien G und H . Man sieht durch p_2 ein helles violettes Bild, an welches sich ein zwar schwaches, aber doch sehr deutliches Spectrum anreicht, das mit Ausnahme des Violett sämtliche Farben des gewöhnlichen prismatischen Sonnenspectrum zeigt. Wird die blaue Glasplatte B unmittelbar vor das Prisma p_2 gehalten, so verschwindet das Fluorescenzspectrum vollständig. — Jetzt wird der Spalt S durch Drehen der verticalen Schraube des entsprechenden Schlittens oder, bei größeren Excursionen durch Verschiebung des ganzen Schirmes in seiner eigenen Ebene gegen die weniger brechbaren Strahlen gerückt, die blaue Glasplatte steht wieder vor der Retina. Sofort wird das Fluor-

escenz
brechb
lich.
des p
Fluor
tion m
vollstä
gerück
starken
big w
treffen
 $S = 2$
violett
wenig
W
G und
Fluor
Strahl
mit d
Sonne
H ein
gegen
Strahl
Ich
länge
merk
zunäc
das F
in dar
die ge
Wur
noch
ben,
doch
Bestin
durch
Ort
Mach

escenzspectrum sichtlich schwächer, und wenn *S* im weniger brechbaren Blau angekommen ist, so verschwindet es gänzlich. Man sieht in diesem Falle nur das helle blaue Bild des primitiven Spectrum. Für das Indigo ist dagegen das Fluorescenzspectrum bei vollkommen richtiger Accommodation noch mit Sicherheit zu erkennen; es ist auch da ganz vollständig. — Wird nun der Spalt *S* wieder in's Violett gerückt, so ist das Fluorescenzspectrum wieder in relativ starker Helligkeit da. Dieses Wechselspiel läßt sich beliebig wiederholen. Es geht daraus hervor, daß bei den betreffenden Intensitätsverhältnissen des Versuches ($s_1 = 6^{\text{mm}}$, $S = 2,5^{\text{mm}}$) die Retina relativ starke Fluorescenz zeigt im violetten Lichte, nur sehr schwache im Indigo, keine oder wenigstens kaum erkennbare Spuren im Cyan.

Wird andererseits der Spalt *S* von der Mitte zwischen *G* und *H* gegen das Ende des Violett gerückt, so nimmt die Fluorescenz ebenfalls sehr ab, um für die ultravioletten Strahlen eine minimale zu werden. Diese Beobachtungen mit den erstern zusammengehalten ergeben, daß für das Sonnenspectrum die Fluorescenz der Retina zwischen *G* und *H* ein Maximum erreicht, und nach beiden Seiten sowohl gegen die weniger brechbaren als gegen die brechbareren Strahlen hin rasch abnimmt.

Ich suchte nun näher zu bestimmen, für welche Wellenlänge des Sonnenspectrum die Fluorescenz der Retina eben merklich zu werden anfangt. Hierzu stellte ich den Spalt *S* zunächst wieder in das Violett, ich sah dann ganz deutlich das Fluorescenzspectrum. Hierauf verschob ich *S* so lange in das Blau, bis ich bei der größten Aufmerksamkeit noch die geringste Spur von dem Fluorescenzspectrum wahrnahm. Wurde dann der Spalt *S* mittelst der verticalen Schraube noch ein wenig gegen das weniger brechbare Ende verschoben, so verschwand auch diese letzte Spur. Sie wurde jedoch wieder hergestellt und hierauf, analog wie bei der Bestimmung der ausgezeichneten Wellenlänge des Grün, durch einige Ablesungen an der Scala des Schlittens der Ort bestimmt, welchen der Spalt im Spectrum einnahm. Macht man, was bei der hier überall erreichbaren Genauig-

keit wohl erlaubt ist, die Voraussetzung, daß beim Uebergange von F nach G die Aenderung der Wellenlänge proportional der Entfernung von F erfolgt, so läßt sich aus den Wellenlängen dieser Linien leicht diejenige jenes Ortes finden.

Die Messungen wurden bei derselben Breite (6mm) des Spaltes s_1 an einem ganz frischen Stücke Retina so rasch hinter einander ausgeführt, als es die Sorgfalt, mit welcher Einstellung und Ablesung geschehen mußten, erlaubte. In der von ihnen in Anspruch genommenen Zeit konnten weder die Eigenschaften der Retina (durch Austrocknung), noch die Helligkeit des Sonnenspectrum (durch Aenderung des Standes der Sonne) sich wesentlich geändert haben. So fand ich in drei Wiederholungen die Wellenlänge für den Anfang der Fluorescenz (in Milliontel Millimetern):

448,1; 445,0; 445,2.

Eine weitere Versuchsreihe bezog sich auf die Abhängigkeit des retinalen Fluorescenzspectrum von der Helligkeit des Sonnenspectrum. Es leuchtet ein, daß bei der obigen Anordnung der Versuche eine Variation der Helligkeit des Sonnenspectrum einfach durch Aenderung der Breite des Spaltes s_1 erzielt werden konnte. Da das Fluorescenzspectrum, wie oben erwähnt, auch bei der geringsten eigenen Helligkeit ein vollständiges war, so war jetzt weiter nicht auf eine Aenderung seiner Mannigfaltigkeit zu achten. Den Einfluß der Helligkeit des Sonnenspectrum auf seine Intensität glaubte ich am Passendsten in folgender Weise darzulegen.

Der Spalt s_1 hat zunächst eine geringe Breite; S wird so lange gegen das weniger brechbare Blau verschoben, bis das Fluorescenzspectrum eben verschwindet. Nun wird s_1 weiter gemacht; dann tritt sofort das Fluorescenzspectrum deutlich hervor, während es bei Reduction der Breite von s_1 auf den ursprünglichen Werth wieder verschwindet. Die Helligkeit des Fluorescenzspectrum wächst also mit der Intensität des Sonnenspectrum. Mit dem Wachsen des letzteren rückt der Ort, wo das Fluorescenzspectrum eben merklich wird, in dem Sonnenspectrum gegen das weniger brechbare Ende.

Um eine Anschauung davon zu gewinnen, wie viel sich der Anfang der Fluorescenz bei bestimmter Aenderung der Intensität des Sonnenlichtes in der Scala seiner Wellenlängen verschiebt, war nur für eine Anzahl von verschiedenen Breiten des Spaltes s_1 der Ort des Anfanges der Fluorescenz zu bestimmen. Ich habe solche Messungen in der oben beschriebenen Weise ausgeführt für die Spaltbreiten 3, 6, 9^{mm}. Die Beobachtungen waren wieder an demselben Stücke Retina und möglichst rasch nach einander ausgeführt. Es ergaben sich in der Reihenfolge jener Breiten folgende Wellenlängen für den Anfang der Fluorescenz:

429,1; 451,4; 464,6.

Bei der ersten Erweiterung des Spaltes s_1 rückte also der Ort des Anfanges der Fluorescenz um 22,3, bei der zweiten ebenso grossen um 13,2 Einheiten der Wellenlänge gegen die gröfseren Wellenlängen.

Die Resultate der Beobachtungen über die Fluorescenz der Retina für die unter gewöhnlichen Verhältnissen sichtbaren Strahlen des Sonnenspectrum sind also:

Die Helligkeit des Fluorescenzlichtes erreicht zwischen G und H ein Maximum und nimmt sowohl gegen das Blau als gegen das violette Ende rasch ab. Sie wächst mit der Helligkeit des erregenden Lichtes.

Die Mannigfaltigkeit seiner Strahlen umfaßt alle Strahlen von der Wellenlänge des erregenden Lichtes bis zum Roth. Das Fluorescenzlicht ist daher weiflich.

Der letzte Punkt scheint eine kleine Abweichung von den Resultaten der Untersuchungen, die Hr. Helmholtz über die Fluorescenz im ultravioletten Lichte ¹⁾ ausführte, darzubieten. Im Fluorescenzspectrum der ultravioletten Strahlen fehlt nämlich das Roth. Ursache dieser Verschiedenheit mag die sehr viel geringere Intensität des ultravioletten Lichtes gegenüber der Intensität der oben angewandten Strahlen seyn. Diefs mufste einmal eine geringere Intensität des Fluorescenzlichtes bedingen, als es hier der Fall war. Weiter fehlte das sehr helle Bild des primitiven

1) Helmholtz, Pogg. Ann. Bd. 94, S. 205.

Spectrum, das sich hier überall an das Fluorescenzspectrum anschloß und daher ein relatives Zurücktreten des Grün und Blau gegenüber dem Roth bedingen konnte. Damit war in den Versuchen des Hrn. Helmholtz die Möglichkeit gegeben, noch grüne und blaue Strahlen wahrzunehmen, wo keine rothen mehr vorhanden waren, was in den meinigen nicht der Fall war. Der Ausdruck der thatsächlichen Verhältnisse mag daher der seyn: Wenn die Helligkeit des retinalen Fluorescenzlichtes einen gewissen Grad erreicht, so sind alle Strahlen in ihm enthalten von der erregenden Farbe bis zum Roth; erreicht sie jenen Grad nicht, so fehlt das Roth. Dort muß daher die Farbe desselben eine weißliche, hier eine bläulichgrüne seyn.

Absorptionserscheinungen im Auge müssen namentlich auf quantitative Bestimmungen in Farbenmischungen von größtem Einfluß werden. Sie mögen daher hier wenigstens angedeutet werden. Bekanntlich hat schon Hr. Stokes in seiner berühmten Abhandlung über die Fluorescenz vielfach aufmerksam gemacht auf den Zusammenhang zwischen Fluorescenz und Absorption. Die Intensitäten beider entsprechen sich stets, beide erreichen in demselben Orte des primären Spectrum ihr Maximum¹⁾. Daraus folgt zunächst, daß in der Retina eine Absorption der Lichtstrahlen auftritt, die für das Violett eine maximale ist.

Bei Hornhaut und Linse ist für das Violett eine starke Fluorescenz nachgewiesen²⁾. Für das Blau ist sie, wenigstens für größere Intensität, ebenfalls sicher. Man überzeugt sich davon leicht an seinem eigenen Auge wie für das Violett. Fällt ein sehr helles blaues Strahlenbüschel von der Seite her auf die Cornea, so verbreitet sich im Gesichtsfelde ein weißlich grüner Schimmer, während ein zweiter Beobachter die Linse in ähnlichem Lichte erblickt. Daraus ergibt sich eine Absorption der blauen und violetten Strahlen durch Hornhaut und Linse von selber.

Die schon erwähnte eigenthümliche Absorption der blau-

1) Stokes, Ueber die Veränderung der Brechbarkeit des Lichtes. *Phil. Trans.* 1852 (II.) Pogg. Ann. Ergzb. IV, 227.

2) Helmholtz, phys. Optik. 233. 267.

grünen
dinge v
hervor

Die
rie der
zuhebe
schein
sitäten
sind,
seyn
dung.

Versu
das A
wahrz
tet w
so bl
escenz
einzel
die S
bis a
Syste
gende
dabei
und d
Schw
cenz

D
die T
Farbe
verän
dere
bei g
seyn.
Farbe
zugte
ersch
E
zu b

grünen Strahlen im Pigmente des gelben Fleckes ist neuerdings von den HH. Maxwell, Helmholtz und M. Schultze hervorgehoben worden.

Die hier hervorgehobenen Sätze gewinnen für die Theorie der Farbenmischung Wichtigkeit. Vor allem ist hervorzuheben, daß im Auge des Beobachters die Fluorescenzerscheinungen unzweifelhaft schon bei viel geringeren Intensitäten des auf die Retina fallenden Lichtes, als die obigen sind, einen solchen Grad erreichen, daß sie von Einfluß seyn müssen auf die durch jenes Licht bewirkte Empfindung. Es wurde schon angedeutet, daß in den obigen Versuchen die allerschwächsten Grade der Fluorescenz, die das Auge des Beobachters an einer präparirten Netzhaut wahrzunehmen im Stande ist, wahrscheinlich nicht beobachtet wurden. Aber wäre auch dieser Grad erreicht gewesen, so bliebe noch zu erwägen, daß die Intensität des Fluorescenzlichtes durch Zusammensetzung der Intensitäten der einzelnen Farben im Fluorescenzspectrum entsteht, und daß die Strahlen des letzteren von der präparirten Retina aus bis auf die Retina des Beobachters ein sehr complicirtes System von Medien zu durchlaufen haben. In dem zerlegenden Prisma sowohl, als in den Medien des Auges ist dabei reichliche Gelegenheit zu Reflexion und Absorption und damit zur Reduction der kleinen Lichtmasse unter ihren Schwellenwerth geboten. Diefes alles fällt bei der Fluorescenz im eigenen Auge weg.

Die Fluorescenz der Retina wirft sofort neues Licht auf die Thatsache, daß unter allen Theilen des Spectrum der Farbenton des violetten (und übervioletten) Lichtes am veränderlichsten ist bei veränderter Lichtstärke. Insbesondere dürfte beim Violett und Blau der Uebergang in Weiß bei gesteigerter Intensität durch die Fluorescenz unterstützt seyn. Und in der That, er zeigt sich gerade bei diesen Farben am aller Auffallendsten, während doch der bevorzugte Uebergang einer Grundfarbe in Weiß sehr sonderbar erscheinen muß.

Es sind jetzt die obigen qualitativen Mischungsversuche zu beleuchten. Wie bereits angemerkt, kann bei ihnen von

den Absorptionerscheinungen ganz abgesehen werden, denn diese können ja nur auf die Mengen der Farben Einfluss haben, die gar nicht bestimmt wurden. Fluorescenzerscheinungen können aber wiederum nur in den Fällen, wo Blau oder Violett in die Mischung getreten sind, vermuthet werden. Hier treten nun zwei Hauptfälle auf, die Mischungen von Blaugrün (*F*) und Violett zu spectrumalem Blau und von Roth mit Indigo zu einem Violett, das oft fast ebenso gesättigt wie das spectrale erscheint.

Es sollen zunächst das homogene und gemischte Blau betrachtet werden. Hier ist die Helligkeit des spectralen Blau zwar größer als die des Violett. Für das Violett ist aber die Fluorescenz relativ größer, ihre absolute Stärke darf also wohl als nahe gleich der des Blau angenommen werden. Dann ist beiden Farbenempfindungen Blau Weiß in gleichem Maasse beigemischt und ihre Gleichheit bedingt daher auch Gleichheit der Sättigung der Farbenempfindungen, die wir ohne Fluorescenz haben würden. — Liegen aber ein homogenes und gemischtes Violett vor, so verhält sich alles umgekehrt. Die Helligkeit des Violett ist größer als die des Blau, und das Blau hat eine schwächere relative Fluorescenz. Dies bedingt, dass dem gemischten Violett sehr wenig Weiß beigemischt ist, während das homogene durch solches sehr verändert seyn kann. Hier also wird die Mischfarbe verglichen mit einer schon weißlich gemachten Farbe. Wenn sie daher dieser gleich ist, so muss dies als ein Beweis dafür angesehen werden, dass die Mischfarbe weißlich ist. Wenn sie aber, wie ich wirklich beobachtete, noch weniger gesättigt ist als die homogene Farbe, so ist dies ein Beweis *a fortiori* für die Beimischung von Weiß.

Nach dieser Discussion der Fluorescenz der Retina können die oben mitgetheilten Beobachtungen im Verbande mit den übrigen Thatsachen der Mischung der Spectralfarben in folgendem *Mischungsgesetze* ausgedrückt werden:

1) Es giebt im Spectrum zwei Gebiete (Roth bis *b* und Violett bis *F*), innerhalb deren jede Combination von zwei Farben in stetig sich änderndem Verhältnisse ihrer Mengen Mischfarben giebt, die einem stetigen Uebergange der Far-

bentön
sprech
2)
ben,
Menge
der S
Weiß
3)

trum
wenn
als C
ben d
stehen
von i
Purpu
E

gewäl
Leistu
suche
Misch
zunäc
fallen
bilden
den I
dassel
ger I
Prism
ferne
endlic
Endli
die L
der F
gehör
in S
eine
Einflu
der F

1) v

bentöne von der einen zur andern Farbe im Spectrum entsprechen.

2) Es giebt im Spectrum Combinationen von zwei Farben, welche für ein stetig sich änderndes Verhältniß ihrer Mengen Mischfarben liefern, die einer stetigen Aenderung der Sättigung der einen und andern Farbe bis zu reinem Weiß entsprechen (Complementärfarben).

3) Alle übrigen Combinationen zweier Farben des Spectrum in allen möglichen Verhältnissen der Mengen geben, wenn die Farben weniger weit von einander entfernt sind als Complementärfarben, die zwischen ihnen liegenden Farben des Spectrum, wenn sie aber weiter von einander abstehen als Complementärfarben, die Farben zwischen jeder von ihnen und dem entsprechenden Ende des Spectrum und Purpur — je in variabler Sättigung.

Eine Anschauung von der Genauigkeit dieses Gesetzes gewährt ein Blick auf die physikalischen und physiologischen Leistungen der Apparate. Die Forderung an die im Versuche benutzten Instrumente ist, homogene Farben für die Mischung zu liefern. Die Reinheit einer Farbe verlangt¹⁾ zunächst, daß der ihr entsprechende austretende und einfallende Strahl gleiche Winkel mit den Flächen des Prisma bilden. Diefß ist nur für eine Farbe möglich, während in den Mischungen immer eine Anzahl von Farben, welche dasselbe Prisma lieferte, benutzt wurde. Weiter ist strenger Parallelismus der Strahlen mit dem Hauptschnitte des Prisma gefordert. Im Versuche war durch die mäßige Entfernung (3 Meter) des Prisma von den Spalten immer ein endlicher Oeffnungswinkel der Strahlenbüschel bedingt. Endlich müssen für die Homogenität der Farben nicht nur die Lichtquellen linear seyn, sondern auch die Wellenlängen der Farben einem verschwindend kleinen Intervalle $\delta\lambda$ angehören, d. h. alle Spalten müssen linear seyn. Die Spalten in S_1 hatten oft eine Breite von 10 bis 15^{mm}, die in S_2 eine solche von 1 bis 1,5^{mm}. Es fragt sich daher, welchen Einfluß muß die durch diese Umstände bedingte Unreinheit der Farben haben? Da die Verhältnisse des Versuches we-

1) Vergl. Helmholtz, *physiol. Optik* S. 249 ff.

nigstens nahe Annäherungen an die strengen Forderungen sind, so kann schon objectiv die Unreinheit der Farben nur gering seyn. Relativ zu den Leistungen des Auges im Erkennen von Unterschieden der Farben darf sie aber wohl als verschwindend klein betrachtet werden.

Die Kenntniss der Unterschiedsempfindlichkeit des Auges für Sättigungsgrade müßte zu einer numerischen Bestimmung der Genauigkeit der obigen Beobachtungen über die Farbmischung, insbesondere der Bestimmung der Gränzen des Grün und des Ortes seines ausgezeichneten Tones führen. Die vorhandenen Versuche über dieselbe ¹⁾ ermöglichen zwar bei dem Mangel einer Vergleichung der Helligkeiten verschiedener Farben eine solche Berechnung nicht. So viel sich aber aus den Angaben des Hrn. Aubert übersehen läßt, ist die Leistungsfähigkeit des Auges in dieser Beziehung beträchtlich. Er fand für eine rotirende, intensiv farbige Scheibe weniger als einen Grad Weiß als hinreichend, um eine merkliche Aenderung in der Sättigung hervorzurufen. Aehnliche Versuche führten mich zu analogen Resultaten. Daher mag den Mischungsversuchen die volle Genauigkeit beigelegt werden, die an der Grundlage einer Theorie der Farben gesucht werden muß.

2. Ueber die Farbentafel.

Aus den experimentell gewonnenen Sätzen soll nun die geometrische Farbentafel abgeleitet werden.

Zunächst ist nach der Analyse der Veränderungen des Lichtes im Auge einleuchtend, daß zu unterscheiden sind eine Farbentafel, welche die Farben wiedergiebt, wie sie dem Auge erscheinen, und eine solche, welche sie so darstellt, wie sie ohne die im Auge vorhandenen Veränderungen des Lichtes erscheinen würden. In der That alle Farben, deren Strahlen Fluorescenz in der Retina erregen, erscheinen zu wenig gesättigt, sie müssen daher eigentlich in größeren Abstand vom Weiß gerückt werden, als die Beobachtung ergibt. Alle Farben, deren Strahlen merklich absorbirt werden, erscheinen bei einer gewissen objectiven

1) Aubert, Netzhaut S. 144 ff.

Lichts
große
Beoba
werde
Es
benta
zwei
Weiß
thüm
Roth
je ein
inner
nie,
eine
Purpu
D
in al
bekan
kann
liche
wähl
benc
diese
Farbe
die d
E
Einhe
gleich
Dann
Helu
Scher
aufse
aufse
der m
fallen
F zu

1) M
1) H

Lichtstärke relativ zu wenig hell und haben daher eine zu grofse Distanz vom Weifs erhalten. Es soll hier die den Beobachtungen unmittelbar entsprechende Form gefunden werden.

Es geht aus dem Mischungsgesetze hervor, dafs die Farbentafel ausgezeichnet seyn wird, aufser durch die Lage je zweier Complementärfarben auf einer durch den Ort des Weifs gehenden Geraden, noch durch die weitere Eigenthümlichkeit, dafs der geometrische Ort aller Farben vom Roth bis zur Linie *b* und aller vom Violett bis zur Linie *F* je eine Gerade ist. Diese Geraden sind verbunden an ihren innern Enden durch eine kurze bogenförmig gekrümmte Linie, das Gebiet des Grün, an ihren äufsern Enden durch eine dritte Gerade, den geometrischen Ort der gesättigten Purpurtöne.

Dieser allgemeine Charakter der Farbencurve mufs sich in allen Formen wiederfinden. Ihre nähere Gestalt hängt bekanntlich ab von der Wahl von vier Parametern und kann daher durch gewisse Bedingungen gewisse Eigenthümlichkeiten annehmen. Diese sind freilich nicht ganz beliebig wählbar. So ist es beispielsweise ganz unmöglich, der Farbencurve die Kreisform von Newton¹⁾ zu geben; denn diese implicirt, dafs je zwei endlich von einander entfernte Farben Mischfarben erzeugen, die weniger gesättigt sind als die dazwischen liegenden Töne des Spectrum.

Es sollen nach dem Vorgange des Hrn. Helmholtz die Einheiten der Farben so gewählt seyn, dafs ihre Mengen gleich sind, wenn sie dem Auge gleich hell erscheinen²⁾. Dann wird die Curve der Farben sehr nahe die von Hrn. Helmholtz gegebene Form annehmen, nur ihre beiden Schenkel werden statt leicht gebogen, gerade ausfallen. Die äufsern Gränzen dieser Geraden sind gebildet von dem äufsersten Roth und dem brechbarsten Tone des Violett, der noch keine Umkehr zum Blau zeigt; die innern Gränzen fallen nach den obigen Bestimmungen mit den Linien *b* und *F* zusammen. Der Scheitel des sie verbindenden Bogens

1) Newton, *Optice lib. I., pars II. prop. VI.*

1) Helmholtz, *Pogg. Ann. Bd. 94, S. 24. Optik S. 288.*

darf als identisch betrachtet werden mit der oben bestimmten Wellenlänge des Grün, die mit Roth und Violett gleiche Sättigungsverminderung der Mischfarbe gab: 506,3.

Die angedeutete allgemeine Form der Tafel darf wohl mit Recht als eine allgemeine Eigenschaft des normalen Auges angesehen werden. Die specielleren Momente derselben bleiben immer Eigenthümlichkeiten des grad beobachtenden Auges. Wenn ich mir erlaube, einige Bemerkungen über diesen nähern Verlauf beizufügen, so können sie daher im Allgemeinen nur individuelle Gültigkeit haben.

Die relative Lage der ausgezeichneten Punkte der Farbenscurve suchte ich durch die Ermittlung der complementären Wellenlängen zu Roth und Violett näher zu bestimmen. Analog zu den früheren Versuchen stellte ich neben einander zwei weisse Felder her, das eine aus den zwei complementären Farben des Spectrum gebildet, das andere von unzerlegtem Sonnenlichte gewonnen. Im Schirme S_1 wurden beide Spalten benutzt. Sie lieferten zwei Spectren auf S_2 , denen leicht eine solche relative Lage gegeben werden konnte, dafs die beiden zum Voraus annähernd bekannten Complementärfarben durch den einen Spalt in S_2 fallen, während der andere für das Weiss disponibel blieb. Letzteres wurde, wie oben, von einem Spalt in S_1 durch doppelte Reflexion seiner Strahlen an einem seitlichen Spiegel und an der hintern brechenden Fläche des Prisma gewonnen. Jener Spalt in S_2 wurde nun genauer auf eine dunkle Linie im Roth oder Violett eingestellt. Der die Complementärfarbe liefernde Spalt in S_1 war dann so lange zu verschieben, bis die beiden weissen Felder möglichst gleich ausfielen. War dies erreicht, so wurden die dunkeln Linien der Complementärfarben beobachtet und aus ihnen wie oben die Wellenlänge der Farbe abgeleitet.

Die Bestimmungen zeigten bei Wiederholungen sehr gute Uebereinstimmung für jedes einzelne Auge. Dagegen stellte sich durchweg ein kleiner Unterschied für dieselbe Bestimmung bei beiden Augen ein, der zwar gering, aber doch immer gröfser als die Schwankungen der Werthe für jedes einzelne Auge, ausfiel. Die folgende Tabelle giebt die

Result
Spectr
nicht
aus gl
die Sp
Hrn. I
schreit
des R

Far

Roth

Vio

Di
des H
etwas
Augen
Au
curve
Helm
ich in
bentaf

1) Na
spec
vorl
ben
met
1.

2.

3.

2) H

Resultate meiner Messungen. An der rothen Gränze des Spectrum konnte ich wegen zu rasch sinkender Helligkeit nicht über die Linie *C* hinausgehen; am violetten Ende war aus gleicher Ursache keine Bestimmung für *H* möglich; ohne die Spalten zu breit zu machen, konnte ich hier die von Hrn. Ditscheiner mit *B* bezeichnete Linie nicht überschreiten. Ich wählte daher geradezu *C* und *B* als die Töne des Roth und Violett.

Farbe	Wellenlänge	Compl. Farbe	Wellenlänge	
			links	rechts
Roth	$C=655,9$	Blaugrün	487,5	486,5
Violett	$B=422,5$	Gelb	559,1	560,8

Diese Werthe¹⁾ weichen beträchtlich von den Messungen des Hrn. Helmholtz²⁾ ab und bedingen demgemäß eine etwas andere Lage des Weiße in der Tafel für meine Augen.

Aus den discutirten ausgezeichneten Punkten der Farbencurve und unter Berücksichtigung der Angaben des Hrn. Helmholtz über die relative Sättigung der Farben suchte ich in Fig. 4 Taf. III die wahrscheinlichste Form dieser Farbentafel zu geben. Als genau ist in ihr jedoch nur die

1) Nach den Bestimmungen des Hrn. Ångström (*Recherches sur le spectre solaire*), die ich zu meinem Bedauern erst nach Abschluss der vorliegenden Arbeit kennen lernte, ergeben sich die obigen für die Farbenmischung charakteristischen Wellenlängen in Zehnmilliontel Millimetern:

1. Grün, eine Sättigungsabnahme bedingend:

untere Gränze $b_1 - b_4$ 5183,1 – 5166,9

obere Gränze F 4860,7.

2. Grün, gleiche Sättigungsverminderung nach beiden Seiten bedingend:

sichtbare Linien (vergl. S. 430)

5017,6 5040,1 und 5041,2 5098,1

5026,4 5049,3 und 5051,0 5107,0

wahrscheinlicher Werth 5062,3.

3. Complementärfarben

zu Roth $C = 6562,1$ 4875,3 4865,5

zu Violett $B = 4226,4$ 5593,1 5608,9.

2) Helmholtz, Pogg. Ann. Bd. 94, S. 15. Optik S. 277.

Natur des geometrischen Ortes der Farben von *C* bis *b* und von *B* bis *F*, sowie der gesättigten Purpurtöne anzusehen; die relativen Lagen aller Farben zu einander und zu Weiss sind rein geschätzt. Eben deswegen können auch die strenge geforderten Reductionen der Ort des Blaugrün und des brechbaren Endes des Spectrum hier von keiner weiteren Bedeutung seyn. Die Verschiedenheit der Tafeln für meine beiden Augen sind nur gering; sie ergeben sich leicht aus den Unterschieden der Complementärfarben, die für das linke Auge eine kleine Verschiebung des Ortes des Weiss gegen die blauen Töne hin verlangen. —

Hr. Maxwell¹⁾ hat seine Farbentafel nach dem allgemeinen Princip, welches die Intensitäten der Grundfarben für willkürlich erklärt, construiert; demgemäss mußte die Gestalt jener Tafel eine andere seyn als die der oben abgeleiteten, insbesondere sind am violetten Ende alle Farbtöne sehr zusammengedrängt. Abgesehen hievon hat nun zwar die Tafel des Hrn. Maxwell mit der obigen das gemeinsame, daß auch sie für die Orte zweier Gruppen von Spectralfarben zwei Gerade aufweist. Wesentlich verschieden sind aber die Orte des äußersten Roth und des Indigo in der Nähe einer Geraden, welche das brechbarste Roth mit dem brechbarsten Cyan verbindet. Die Complementärfarben fallen ganz anders aus als die Messungen des Hrn. Helmholtz. Der die Geraden verbindende Bogen hat eine weniger brechbare Lage im Spectrum relativ zu dem oben bestimmten. Es ist weder möglich, die Ursachen dieser Unterschiede alle in individuelle Eigenthümlichkeiten der Augen zu verlegen, noch, sie in etwaiger Verschiedenheit der Vollkommenheit der Versuche zu suchen. Die Differenzen der Tafeln müssen also auf einer wesentlichen Verschiedenheit der beiden Bestimmungen beruhen.

So viel ich übersehe, kann diese nur die seyn: Hr. Maxwell hat seine Tafel aus quantitativen Bestimmungen von Lichtstärken berechnet, während die oben gegebene aus qualitativen Versuchen gefolgert ist. Daraus folgt zunächst,

1) *Phil. Trans.* 1860 p. 57.

dafs e
Absor
Messu
Viole
auch
mußt
das F
Ende
Nun
Stärke
Grun
sorpti
auf d
Bertü
digo
von
wäre
brech
Versu
aber
reiche
Töne
Max
zu be
beide
Roth

D
eine
daher
Vora
Auge
Misch
stimm
In de
fache
Pog

dafs ebensowohl Fluorescenz und Absorption im Auge, als Absorption in Prismen und Linse auf die Resultate seiner Messungen von Einflufs seyn mufsten. Fluorescenz ist im Violett und Indigo durchweg und bei gröfseren Intensitäten auch im Cyanblau wohl zu berücksichtigen. Absorption mufste für dieselben Strahlen, die Fluorescenz erregen, für das Blaugrün im gelben Flecke und für das brechbarere Ende des Spectrum in Prismen und Linse vorhanden seyn. Nun erfolgt allerdings die Absorption proportional der Stärke des auffallenden Lichtes, und die Einheiten der Grundfarben sind willkürlich wählbar. Daher konnten Absorptionerscheinungen von keinem wesentlichen Einflusse auf die Construction seyn. Anders aber die Fluorescenz. Berücksichtigt man diese, so ordnen sich die Orte des Indigo in die Fortsetzung des geometrischen Ortes der Töne von Grün bis Cyan. Nach den Maxwell'schen Tafeln wäre das Indigo im spectralen Sättigungsgrade mischbar aus brechbarerem Roth und brechbarstem Cyan. Ich habe diesen Versuch mit besonderer Sorgfalt angestellt; es gelang mir aber nie, auch nur annähernd jenen Sättigungsgrad zu erreichen. Vielleicht ist in den Abweichungen, welche die Töne beider Enden des Spectrum zeigen, auch die von Hrn. Maxwell selber angedeutete Unsicherheit der Bestimmung zu berücksichtigen; diefs dürfte namentlich für den in seinen beiden Tafeln auffallend schwankenden Ort des äufsersten Roth gelten.

3. Zur physiologischen Farbentheorie.

Die Bestimmung der physiologischen Grundfarben hat eine Eigenschaft des Auges zum Angelpunkt; sie verlangt daher eine Variation dieser Eigenschaften und kann unter Voraussetzung constanter physiologischer Zustände des Auges nie gewonnen werden. Daraus folgt, dafs aus den Mischungsversuchen für das normale Auge allein eine Bestimmung der Grundfarben strenge gar nicht möglich ist. In dem besonderen Falle aber, wo die Existenz dreier einfacher Farben sich aus denselben ergibt, sind mit grofser

Wahrscheinlichkeit diese auch als die Grundfarben anzusehen. Denn ist die thatsächliche sensorielle Zusammensetzung der Farben aus drei Grundfarben nachgewiesen und lassen sich in Wirklichkeit durch Mischung dreier bestimmter Farben die übrigen erhalten, so ist die einfachste Annahme die, daß jene subjective Zusammensetzung diese objectiv möglich sey; und wenn in Wirklichkeit gewisse Empfindungen nie durch Zusammensetzung erhalten werden können, so berechtigt Nichts anzunehmen, daß sie zusammengesetzt sind. Bindend ist freilich dieser Schluss nicht; auch bei Voraussetzung einfacher Farben könnten immer noch drei Grundfarben angenommen werden, welche gesättigtere Abstufungen solcher Farben wären, die sich aus jenen mischen lassen.

Einfache Farben stellten sich oben zwar nicht in voller Strenge, aber doch angenähert heraus. Aus den Mischungsversuchen folgt daher jetzt mit großer Wahrscheinlichkeit, daß die physiologischen Grundfarben Roth, Grün ($\lambda = 506,3$) und Violett sind. Die Sättigungsverminderung, welche das Grün in allen Mischungen bedingt, verlangt aber, daß die Grundfarbe Grün gesättigter sey als das Grün des Spectrum. Die Aenderung des Tones jeder Farbe bei sehr vermehrter Intensität des Lichtes, Ermüdungserscheinungen und gewisse Beobachtungen an Farbenblinden fordern außerdem, daß alle drei Grundfarben wesentlich gesättigter seyen als das Roth und Violett des Spectrum und jenes schon gesättigtere Grün.

Die Annahme von Roth und Grün als Grundfarben ist mit den aus der Untersuchung Farbenblinder gewonnenen Resultaten in voller Uebereinstimmung. Die dritte Grundfarbe ist durch solche Untersuchungen nicht ermittelt; die Santoninerscheinungen, die einen Ersatz dafür bieten möchten, können, wie Hr. Hüfner¹⁾ gezeigt hat, auf eine Lähmung Violett empfindender Fasern zurückgeführt werden. Daß Violett und nicht Blau als dritte Grundfarbe erscheint, hat insofern etwas Auffallendes, als die erstere Empfindung sich schon wieder dem Roth nähert. In dem Umstand aber,

1) Archiv f. Ophthalmologie XIII. 2. 309.

daß die
doppelt
gens d
einen
farbe z
Ansicht
spreche
ultrarot
rie des
angede
gründen
den H

Aus
welcher
gattung
denen
der W
Gesam
men w
Differ
Violett
die Gr
dem D
Taf. II
Verlau
hernd
den Gr
mal er
verbun
Fasern
wechs
ist Err
tigung
C' Gr' E

1) Yo
Hel
Ma
Fie

dafs die Schwingungszahl der violetten Strahlen ungefähr die doppelte ist von der des Roth, die Ursache eines Mitschwingens der rothen Fasern bei dieser Wellenlänge und darum einen Wahrscheinlichkeitsgrund für das Blau als dritte Grundfarbe zu sehen, scheint mir den experimentell begründeten Ansichten über das Wesen der Nervenregung zu widersprechen. Keine der Grundfasern schwingt für die tiefere ultraroth Octave mit; und wie die Consequenzen der Theorie des Mitschwingens mit den Thatsachen stimmen, ist oben angedeutet. Neben Roth und Grün ist Violett von den Begründern der Theorie, Young und Helmholtz, Blau von den HHrn. Maxwell und Fick angenommen worden ¹⁾.

Aus der Farbentafel läfst sich das Curvensystem ableiten, welches die Vertheilung der Erregung in den drei Faser-gattungen (oder die relativen Intensitäten der drei verschiedenen Erregungsprocesse in derselben Faser) als Function der Wellenlänge im Spectrum darstellt; es mufs dabei die Gesammt-erregung für alle Farbtöne als constant angenommen werden. Abstrahirt man zunächst von der unbekannten Differenz der Sättigung, welche die Grundfarben Roth und Violett gegenüber den entsprechenden Spectralfarben und die Grundfarbe Grün relativ zu dem Grün zeigt, das eine dem Durchschnitte der Geraden *Cb* und *BF* der Tafel (Fig. 4 Taf. III) entsprechende Sättigung hat, so kann man den Verlauf dieser Curven bis auf die Lage der Abscisse annähernd angeben (Fig. 5). In den Tönen *C*, *Gr* und *B*, welche den Grundfarben entsprechen, mufs je eine der Fasern maximal erregt seyn; in *Gr* ist diese maximale Erregung aber verbunden mit einer kleinen Erregung der beiden andern Fasern. Für die Intervalle *Cb* und *BF* ist die Erregung wechselnd auf je zwei Fasern vertheilt, in dem Gebiete *bF* ist Erregung in allen dreien vorhanden. Unter Berücksichtigung jener Sättigungsdifferenz ist die Abscisse tiefer (nach *C'Gr'B'*) zu verlegen und die Curve des Roth und Violett

1) Young, *Lectures I*, p. 429.

Helmholtz, *Optik* S. 291.

Maxwell, *Trans.* 1860 p. 78.

Fick, *Anat. u. Phys. d. Sinnesorg.* S. 292.

von den Punkten *b* und *F* an, wo sie in die Richtung *CB* übergehen, über die übrigen Töne des Spectrum zu verlängern.

Dieses Curvensystem ermöglicht die Ableitung eines zweiten, welches die Vertheilung der elementaren Empfindungsintensitäten bei constanter Gesamterregung für die verschiedenen Farbtöne des Spectrum darstellt. Die Untersuchungen der HHrn. Fechner und Fick machen es nämlich höchst wahrscheinlich, daß die Abhängigkeit, in welcher die Empfindungsintensität von der Nervenerrregung steht, eine logarithmische Function ist. Diese müßte zwar für die verschiedenen Fasergattungen der Retina von verschiedenem Grade seyn; doch mag hievon, da die Verhältnisse ja alle nur geschätzte sind, abgesehen werden. Für die mittleren Grade der Gesamterregung nehmen dann die Curven für die elementaren Empfindungen ungefähr die in Fig. 6 Taf. III gegebene Form an und die jedesmalige Summe der elementaren Empfindungen wird durch die stärker gezeichnete Curve angedeutet. Für eine bestimmte Gesamterregung nimmt diese Summe also für die Grundfarben die kleinsten, für Gelb und Blau die größten Werthe an.

Dies führt nun auf einen fundamentalen Punkt der Theorie. Wenn auch nicht gerade angenommen werden darf, daß die Intensität der Farbenempfindung gleich sey der Summe der Intensitäten der elementaren Empfindungen, so ist es andererseits doch unwahrscheinlich, daß diese sehr verschiedenen Summen derselben Farbenintensität entsprechen. Am wahrscheinlichsten ist wohl die Annahme, daß mit der Summe der elementaren Empfindungsintensitäten auch die Intensität der Farbe wächst. Dann läßt sich die gefundene Beziehung auch so aussprechen: Für eine bestimmte Gesamterregung ist die Intensität der Farbenempfindung (die Helligkeit) für die Grundfarben die kleinste, für Gelb und Blau die größte. Diefß entspräche der punktierten Linie der Fig. 6 Taf. III.

Umgekehrt muß jetzt für eine gegebene Intensität der Empfindung (Helligkeit) die größte Erregung stattfinden,

wenn sie
mischten
Grundfa
wenn sie
größten
Weiß,
Gesamm

Es e
zen. B
Zustand
der Dau
keit von
Die pos
sten da
der Ner
so muß
Wahrne
rimentel
auf die

Aehn
zwischen
Entwick
Empfind
zu berü
welche
für die
fallen r

- 1) Fe
- 2) In m
logie
tigkeit
mir d
leicht
Hellig
der F
tere r
jectiv

wenn sie einer Grundfarbe angehört, kleinere, wenn sie gemischten zukommt. Wenn die Erregung nur in einer Grundfarbe stattfindet, ist die Empfindung am schwächsten, wenn sie auf zwei gleichmäfsig vertheilt ist, ist letztere am grössten. Auf alle drei Fasern ausgedehnt folgt für das Weiss, dafs es bei einer gegebenen Intensität die kleinste Gesamterregung erfordert.

Es ergeben sich hieraus einige interessante Consequenzen. Bei intermittirender Beleuchtung z. B. mufs für das Zustandekommen einer gleichmäfsigen Empfindung die Summe der Dauer eines hellen und dunkeln Sectors, gleiche Helligkeit vorausgesetzt, für die Grundfarben die grösste seyn. Die positiven Nachbilder der Grundfarben müssen am längsten dauern. Wenn die Geschwindigkeit der Fortpflanzung der Nervenirregung mit der Gröfse der letzteren wächst, so mufs eine Mischfarbe *cet. par.* eine gröfsere Zeit für die Wahrnehmung erfordern, als die Grundfarben. Die experimentelle Untersuchung dieser Punkte mufs rückwärts Licht auf die gemachte Hypothese werfen.

Aehnliche Bemerkungen lassen sich über die Beziehungen zwischen Reiz und Empfindung anstellen; hier finden die Entwicklungen, die Hr. Fechner über die Vertheilung der Empfindungsintensitäten macht ¹⁾, Anwendung. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dafs die Constanten in den Functionen, welche die Abhängigkeit der Erregung vom Reiz ausdrücken, für die verschiedenen Fasergattungen sehr verschieden ausfallen müssen ²⁾.

1) Fechner, Psychophysik Bd. II, S. 68.

2) In meiner Mittheilung der obigen Versuche im Archiv für Ophthalmologie hatte ich versucht, die Farbentafel als ein Abbild der Mannigfaltigkeit der Farben aufzufassen. Diese Art ihrer Darstellung schien sich mir deshalb zu empfehlen, weil die Beziehungen der Farben dann in leicht übersehbaren Constructionen vorlagen. Sie verlangt aber, dafs als Helligkeit der Farben die subjective eingeführt werde, was dem Begriff der Farbentafel, der objective Helligkeiten voraussetzt, widerspricht. Letztere mufs gerade nach dem Vorgange des Hrn. Maxwell aus den objectiven Lichtmengen bestimmt werden.

V. Ueber die ungehinderte Drehung der beweglichen Leiter und des Solenoids am Ampère'schen Gestell; von Dr. Georg Krebs in Wiesbaden.

Wenn man einen beweglichen Leiter in der Form (Fig. 1 und 2 Taf. IV), wie sie gewöhnlich in den physikalischen Lehrbüchern angegeben wird (Pouillet-Müller, Wiedemann, Frick etc.) an das Ampère'sche Gestell (Fig. 3) ebenfalls in der Form, wie sie in den physikalischen Lehrbüchern angegeben zu werden pflegt, hängt, so stellt sich, nachdem durch Einleiten eines elektrischen Stromes der Leiter seine ostwestliche Stellung angenommen, beim Umkehren des Stromes der höchst unangenehme Uebelstand heraus, daß der Leiter sich immer so dreht, daß er an den horizontalen Armen pq und mn des Gestelles (Fig. 3) widerstößt; man muß ihn aus- und auf der andern Seite wieder einhängen, wenn er seine ostwestliche Stellung soll einnehmen können. Kehrt man abermals den Strom um, so zeigt sich derselbe Uebelstand von Neuem.

Dabei ist selbstverständlich vorausgesetzt, daß die horizontalen Arme mn und pq des Ampère'schen Gestells entweder von Süd nach Nord, oder von Nord nach Süd gerichtet sind.

Daß der bewegliche Leiter wirklich die vorhin angegebene Drehung bei der Umkehrung des Stromes machen müsse, läßt sich leicht aus der Theorie ableiten.

Der Erdstrom ef (Fig. 4 Taf. IV), welcher von Ost nach West geht, wird als so weit von dem beweglichen Leiter $abcd$ angenommen, daß die Einwirkungen desselben auf die horizontalen Arme ad und bc einander aufheben¹⁾. Ist der Leiter in seiner richtigen Stellung (2), so herrscht stabiles Gleichgewicht: der Leiter kehrt wieder in diese

1) Wiedemann, Lehre vom Galvanismus, II, Band, 1. Abtheilung, S. 56 u. f.

seine S
denn
Leiter
West
und b
welche
nach A
genau
gleich
und h
einen
Richtu
ein K
ter in
das G
K
fließt
Erds
ander
und
rall
schlo
Leite
len d
Gera
ter e
verti
der
ches
tung
zu b
Z
labil
Wes
ders
cher
kein

seine Stellung zurück, wenn er aus derselben gebracht wird; denn der Erdstrom sucht die eine verticale Seite cd des Leiters nach Osten, die andere verticale Seite ba aber nach Westen zu bewegen. Es wirken also an den Seiten cd und ba zwei gleiche und ungleichsinnig parallele Kräfte, welche (in Bezug auf das vom Leiter umschlossene Viereck) nach Aufsen gerichtet sind. Befindet sich nun der Leiter genau in der Ebene von Ost nach West, so fallen die zwei gleichen und entgegengesetzten Kräfte in dieselbe Gerade und heben einander auf. Wird aber der Leiter nach der einen oder der anderen Seite etwas aus seiner ostwestlichen Richtung gebracht, so bilden die zwei genannten Kräfte ein Kräftepaar und wirken jedesmal so, daß sie den Leiter in seine ursprüngliche Stellung zurückzubringen streben; *das Gleichgewicht ist also stabil.*

Kehrt man jetzt den Strom in dem Leiter $abcd$ um, fließt er in demselben, wie in (1) angedeutet, so sucht der Erdstrom den einen verticalen Arm cd nach Westen, den andern ba nach Osten zu bewegen. An den Armen cd und ba wirken also zwei gleiche und ungleichsinnige parallele Kräfte, welche (in Bezug auf das vom Leiter umschlossene Viereck) nach Innen gerichtet sind. Steht der Leiter genau in der Richtung von Ost nach West, so fallen die Richtungen der zwei genannten Kräfte in dieselbe Gerade und heben einander auf. Bringt man aber den Leiter etwas aus seiner Lage heraus (indem man ihn um seine verticale Mittellinie dreht) einerlei ob nach der einen, oder der andern Seite, so bilden die zwei Kräfte ein Paar, welches den Leiter nicht wieder in seine ursprüngliche Richtung zurückzutreiben, sondern ihn in die entgegengesetzte zu bringen treibt: *das Gleichgewicht ist also labil.*

Zugleich erhellt, daß wenn ein beweglicher Leiter bei labilem Gleichgewicht (1) genau in der Lage von Ost nach West sich befindet, er trotz seiner verkehrten Stellung in derselben verharret und daß es ihm gleichgültig ist, nach welcher Richtung er sich drehen soll, vorausgesetzt, daß sonst keine Einwirkungen auf ihn stattfinden. Der geringste Stofs

nach rechts oder links bringt ihn aus seinem falschen Gleichgewicht und er vollführt *nach der Seite hin, nach welcher er aus seiner Gleichgewichtslage gebracht worden*, eine Drehung um 180° . Anfänglich freilich, wenn er sich erst um wenig aus seiner labilen Gleichgewichtslage entfernt hat, ist die Drehkraft sehr gering, das Moment des Paares ist sehr klein; erst allmählig wird dasselbe gröfser und erlangt sein Maximum, wenn sich der Leiter um 90° gedreht hat, worauf es wieder abnimmt, um in der gerade entgegengesetzten Lage gleich Null zu werden. Zugleich tritt in dem Moment, wo die Drehung 90° erreicht hat, der Uebergangspunkt ein, wo das Einwärtswirken des Kräftepaars in ein Auswärtswirken übergeht.

Befindet sich also ein beweglicher Leiter *abcd* (Fig. 5 Taf. IV) am Ampère'schen Gestell im stabilen Gleichgewicht und kehrt man nun den Strom im Leiter um, so kann der Erdstrom gar keine Drehung bewerkstelligen, wenn der Leiter *genau* von Ost nach West steht. Nun stellt sich aber der Leiter nie genau von Ost nach West und zwar aus dem Grunde, weil der im Ampère'schen Gestell kreisende Strom eine Einwirkung auf denselben ausübt. Wie aber ist diese Einwirkung beschaffen? Die horizontalen Arme *mn* und *pq* des Gestells haben die Richtung von Süd nach Nord (oder umgekehrt) und es steht die Ebene des Leiters, wenn sie genau von Ost nach West geht, auf der Richtung der Arme *mn* und *pq* senkrecht; die zwei verticalen Arme *ad* und *bc* erfahren demnach von Seiten der verticalen Stangen *v* und *t* keinerlei Einwirkung, denn sie sind nahezu gleichweit von ihnen entfernt. Auch kann man annehmen, dafs die Einwirkung des Armes *mn* gegen die des Armes *pq* verschwinde, so dafs im Wesentlichen nur die Einwirkung von *pq* auf *ab* zu beachten ist.

In der normalen Lage nun — im stabilen Gleichgewicht — sucht der Strom in *pq* (Fig. 6) den Arm *ab* in der Richtung des Pfeiles zu drehen, in dem sich die Ströme in *ab* und *pq* einander parallel zu stellen suchen; daher kann sich denn auch der bewegliche Leiter nie genau von

Ost na
lange
welche
eint un
Einwir
Gleich

Kel
um, so
Taf. IV
dem in
sich b
tung, n
worden
Leiters
der Le
horizon
so daf

W
eingeh
genau
dafs b
Kehrt
der E
eine I
Wege
Drehu

Da
kehrun
und e
bedarf
lichen
enges
um da
rührt.

Da
halbe

Ost nach West stellen; er dreht sich mit dem Ende b , so lange nach Süden (in die Lage $b'a'$), bis das Kräftepaar, welches in Folge des Erdstromes an dem Leiter wirkt, vereint mit der Reibung, dem Kräftepaar, welches in Folge der Einwirkung des in pq laufenden Stromes auf ba wirkt, das Gleichgewicht halten kann.

Kehrt man jetzt den Strom in dem beweglichen Leiter um, so dreht sich ba in der Richtung des Pfeiles (Fig. 7 Taf. IV) weiter um, denn 1) sucht sich der Strom in ba dem in pq gleichsinnig parallel zu stellen und 2) dreht sich bei labilem Gleichgewicht der Leiter nach der Richtung, nach welcher er aus seiner Gleichgewichtslage gebracht worden. Nun stehen aber die umgebogenen Enden des Leiters nach Westen (Fig. 5 Taf. IV) und es muß deshalb der Leiter bei seiner Drehung nach Südwesten gegen die horizontalen Arme des Ampère'schen Gestells anstoßen, so daß er seine Drehung nicht vollführen kann.

Wird nun der Leiter aus- und auf der andern Seite eingehängt, so stellt er sich jetzt so, daß er wieder nicht genau von Ost nach West steht (Fig. 8 Taf. IV), sondern daß b in die Lage b' (etwas nach Süden) zu liegen kommt. Kehrt man jetzt den Strom um (Fig. 9 Taf. IV), so wirken der Erdstrom und der Strom in pq vereint und bringen eine Drehung des Leiters in der Richtung des Pfeiles zu Wege, wobei der Leiter abermals widerstößt und seine Drehung nicht ausführen kann.

Daß ein beweglicher Leiter seine Drehung bei der Umkehrung des Stromes nicht ausführen kann, ist höchst lästig und es fragt sich nun, wie dies zu vermeiden sey. Hierzu bedarf es nur einer sehr einfachen Umänderung des beweglichen Leiters: man biegt die Drahtenden nach der entgegengesetzten Seite (Fig. 10 Taf. IV) und zwar das kleinere um das größere herum, so aber daß es dasselbe nicht berührt.

Daß ein solcher Leiter sich stets so dreht, daß er seine halbe Umdrehung bei der Umkehrung des Stromes ohne

anzustossen vollführen kann, wird aus dem Nachstehenden leicht klar werden.

Wird unser Leiter an das Ampère'sche Gestell gehängt und der Strom, wie Fig. 11 Taf. IV zeigt, eingeleitet, so stellen sich die Umbiegungen der Drahtenden nach Osten; doch steht der Leiter auch hier nicht *genau* von Ost nach West: er stellt sich so, daß *b* etwas nach Süden, in die Lage *b'*, rückt (Fig. 12 Taf. IV) — der untere Arm *pq* des Ampère'schen Gestells sucht die Seite *ab* so zu stellen, daß der Strom in beiden gleichsinnig parallel läuft. Kehrt man jetzt den Strom um (Fig. 13 Taf. IV), so wirken der Strom in *pq* und der Erdstrom vereint auf den Leiter so, daß *b* nach Süden zu geht, die Umdrehung also in der Richtung des Pfeiles erfolgt; und da die Umbiegungen der Drahtenden nach Osten stehen, so ist eine halbe Umdrehung ohne Anstoß ausführbar. Schliesslich nimmt der Leiter eine solche Stellung an, daß die Umbiegungen der Drahtenden nach Westen stehen und der Strom in *pq* und *ab* so läuft, wie Fig. 14 Taf. IV angiebt. Allein auch hier stellt sich der Leiter nicht genau von Ost nach West; *ab* rückt in die Lage *a'b'* und kehrt man jetzt den Strom um (Fig. 15 Taf. IV), so wirken der Strom in *pq* und der Erdstrom vereint so, daß sich der Leiter in der Richtung des Pfeiles umdreht. Auch diese Umdrehung ist ohne Anstoß ausführbar.

Zu demselben Resultate gelangt man, wenn die horizontalen Arme des Ampère'schen Gestells nicht von Süden nach Norden, sondern von Norden nach Süden stehn.

Der Versuch bestätigt das Gesagte vollkommen.

In ähnlicher Art kann man auch Solenoïde construiren, welche sich immer so drehen, daß sie nicht an den horizontalen Armen des Ampère'schen Gestells anstossen.

Fig. 16 Taf. IV zeigt ein solches Solenoïd. Der horizontale Querarm *ab* steht etwa 3" (obwohl auch schon 2" genügen) über den Windungen, welche beliebig rechts oder links gewunden seyn können, jedoch so, daß ihre Ebenen auf der Axe des Solenoïds möglichst senkrecht stehen. Das

klein
dafs
Draht
richte
Geste
Solen
des
mufs
seine
von
climat
D
im Q
des
einni
ausei
kehrt
dreht
berei
gewe
Betre
so, d
vollf
H
ander
Man
selbst
man
den
die A
gesch
weni
tong

kleinere Ende rs biegt sich um das gröfsere uv so herum, dafs es dasselbe nicht berührt, wobei es einerlei ist, ob die Drahtenden rs und uv von a nach b , oder umgekehrt gerichtet sind. Wird das Solenoïd an das Ampère'sche Gestell gehängt, so mufs der horizontale Querdraht ab des Solenoïds dicht unter dem unteren horizontalen Arm pq des Ampère'schen Gestells hergehen. Selbstverständlich mufs das Ampère'sche Gestell so gerichtet werden, dafs seine horizontalen Arme entweder von Ost nach West, oder von West nach Ost gehen, resp. auf der Richtung der Declinationsnadel senkrecht stehen.

Die Einwirkung des in pq fliefsenden Stromes auf den im Querdraht ab fliefsenden verhindert nun, dafs die Axe des Solenoïds genau die Richtung der Declinationsnadel einnimmt, ganz so, wie dies bei den beweglichen Leitern auseinandergesetzt worden. Wird jetzt der Strom umgekehrt, so tritt labiles Gleichgewicht ein und das Solenoïd dreht sich nach der Seite hin um 180° , nach welcher es bereits durch die Einwirkung von pq auf ab verschoben gewesen ist. Diese Drehung erfolgt aber, wie aus dem in Betreff der beweglichen Leiter Gesagten hervorgeht, stets so, dafs das Solenoïd seine halbe Umdrehung ohne Anstofs vollführen kann.

Hiermit soll aber nicht gesagt seyn, dafs es nicht auch andere Solenoïde gäbe, welche sich ohne anzustofsen drehen. Man kann z. B. den Strom im Arm pq auf die Windungen selbst in geeigneter Weise einwirken lassen. Dabei darf man den horizontalen Querdraht ab natürlich nicht über den Windungen herführen, sondern man mufs ihn durch die Axe des Solenoïds gehen lassen, wie dies ja auch häufig geschieht. Nach meinen Versuchen aber ist diese Methode weniger zuverlässig, weshalb ich die vorhin erklärte Einrichtung vorziehen möchte.

VI. Ueber die Spannung flüssiger Lamellen;
von R. Lüdtege.¹⁾

Die Capillaritäts-Theorie weist nach, daß die mannigfachen Erscheinungen, welche ihrem Gebiete angehören, zurückzuführen sind auf Molecular-Kräfte, welche, wenn auch im Innern einer Flüssigkeit thätig, doch nur in einer dünnen Oberflächenschicht derselben Bewegungs- und Spannungswirkungen hervorzubringen im Stande sind.

Es ist klar, daß deshalb diese Erscheinungen unabhängig seyn werden von der Dicke der Flüssigkeitsschicht, an deren Oberfläche sie stattfinden, so fern dieselbe nur größer ist, wie der Wirkungsradius jener Molecular-Kräfte. So lange man denselben als verschwindend klein betrachtete, war es erlaubt, diese Unabhängigkeit als vollkommen anzunehmen und z. B. bei der Spannung flüssiger Lamellen die Dicke derselben außer Acht zu lassen. Dieser Standpunkt ist wesentlich verrückt worden, seitdem neuere Untersuchungen, besonders eine interessante Arbeit des Hrn. Quincke²⁾ dargethan haben, daß der Wirkungsradius, wenn auch eine geringe, so doch merkliche Größe ($\frac{1}{50000}$ mm) besitze; es erscheint nothwendig, die Capillaritäts-Erscheinungen in ihrer Abhängigkeit von der Dicke der Flüssigkeitsschicht, so fern dieselbe geringer ist als die Größe des Wirkungsradius aufzufassen und in Bezug auf die Lamellartheorie insbesondere treten zwei Fragen in den Vordergrund. Erstens, bis zu welcher Gränze es erlaubt sey, die Spannung der Lamellen als unabhängig von ihrer Dicke zu betrachten und zweitens, in welcher Weise sich über diese Gränze hinaus der Einfluß der Dicke der Lamelle auf die Spannung derselben äußert. Die Theorie, um auch diese zu erwähnen,

1) Diese Untersuchung ist im physikalischen Laboratorium des Hrn. G. Magnus angestellt.

2) Ueber die Entfernung, in welcher die Molekular-Kräfte der Capillarität noch wirksam sind. Pogg. Ann. 1869, Bd. 137, S. 402.

macht
ausges
gerer
kender
Unter
des E
W
cylind
leicht
Rand
melle
man
Raum
Glasr
Lamel
vorbe
Luftd
calott
sitzen
sen,
innere
Kugel
hat a
also
für b
also
Sapor
in de
ersch
V
bildet
selber
len d
eigne
stehe
besitz

macht wahrscheinlich, und Plateau hat die Folgerung ausgesprochen, daß die Spannung einer Lamelle bei geringerer Dicke selbst geringer werde, da die Anzahl der wirkenden Molecüle selbst eine geringere sey. Die vorliegende Untersuchung hat den Zweck, beide Fragen auf dem Wege des Experiments zu erledigen.

Wenn man die beiden kreisförmigen Oeffnungen einer cylindrischen Röhre durch ebene Lamellen schließt, was leicht in der Weise zu bewirken ist, daß man den ganzen Rand der Oeffnung mit einer schon gebildeten ebenen Lamelle von etwas größerem Umfang in Berührung bringt und man bläst Luft in den jetzt geschlossenen cylindrischen Raum, entweder durch ein Ansatzrohr oder durch eine Glasröhre mit zugespitztem Ende, das direct durch eine der Lamellen in den Cylinder gesteckt wird, so werden sich die vorher ebenen Lamellen aufblähen, durch die Vermehrung des Luftdruckes im Innern Lamellen bilden, die fast genau Kugelcalotten sind. Wenn beide Calotten gleiche Spannung besitzen, werden auch ihre Radien einander gleich seyn müssen, da, wie Dupré gezeigt hat, wenn P den Druck der inneren Luftmasse, t die Spannung und r den Radius der Kugelflächen bezeichnet, $P = \frac{4t}{r}$ ist. Für beide Lamellen hat aber P dieselbe GröÙe, t wird als gleich vorausgesetzt, also muß auch r in beiden gleich seyn. Ist aber nur P für beide Lamellen gleich, t dagegen verschieden, bildet man also die eine Lamelle aus Seifenlösung, so wird, da t für Saponinlösung bedeutend größer ist, als für Seifenlösung in demselben Maasse die Saponincalotte weniger gekrümmt erscheinen als die Seifencalotte.

Wenn man beide Lamellen aus derselben Flüssigkeit bildet, so werden im Allgemeinen beide Calotten auch denselben Radius haben. Außert aber die Dicke der Lamellen einen Einfluß auf ihre Spannung, so wird es sich ereignen können, daß, obgleich aus derselben Flüssigkeit bestehend, dennoch beide Calotten verschiedene Krümmung besitzen, wenn sie nämlich verschieden dick sind und es

wäre möglich, nicht allein diesen Einfluss der Dicke nachzuweisen, sondern ihn auch zu analysiren, da die weniger gekrümmte Lamelle die stärkere Spannung besitzen muß.

In der That ist ein solcher Einfluss der Dicke leicht auf diese Weise darzuthun: Man lasse zu diesem Zweck zwischen der Bildung der beiden Lamellen einige Zeit verstreichen, so daß, wenn die zweite hervorgebracht wird, die erste bereits durch die Ordnung ihrer Farben anzeigt, daß ihre Dicke eine sehr geringe geworden ist; wenn man nun Luft in den Cylinder bläst, so werden stets die beiden Calotten verschiedene Krümmung zeigen und zwar ist die der letzt gebildeten Lamelle die größere, d. h. ihre Spannung die geringere, während die dünne Lamelle geringere Krümmung, größere Spannung zeigt.

Diese Thatsache tritt sehr deutlich ein, wenn man zwischen der Bildung beider Lamellen längere Zeit verstreichen läßt, aber selbst, wenn man die zweite Lamelle fast unmittelbar nach der ersten bildet, ist die Verschiedenheit der Krümmung stets in derselben Hinsicht nachweisbar, daß nämlich die zuerst gebildete Lamelle weniger gekrümmt ist, als die letzt gebildete, woraus nicht allein hervorgehen würde, daß bei geringerer Dicke die Spannung eine größere wird, sondern auch, daß fast unmittelbar nach der Entstehung einer Lamelle sich dieser Einfluss der Dicke auf ihre Spannung zeigt, daß mithin die Dicke der Lamellen fast immer kleiner ist als der doppelte Wirkungsradius, der letztere also entgegen früheren Annahmen, eine sehr merkliche Größe besitzen muß. Diese Versuche sind sowohl mit Glas- als Metallcylindern, sowohl mit Seifenlösung, als mit Quillaja-Decoct angestellt worden, und wenn auch keine genaue Messungen zweckmäßig erschienen, so ergab die Beobachtung für einen Versuch mit Seifenlösung, daß während 5 Minuten die Spannung von 2,8 auf 2,84 gestiegen war.

Man könnte dieser Methode den Einwurf machen, daß dieselbe andere störende Elemente mit einschliesse, daß die

hygroscopischen S
einer L
daher d
auf ihr
gehalt
der feu
aber w
Decoct
gewonn
versiche

We
Faden
des Fa
gerer C
licher
Faden
größere
zwei L
ein seh
melle
ebenen
gegen
anzeig
ist; be
einfach
so daß
so wir
einer
unten

Es
und m
melle
derte
det, ei

1) Ueb
1869

hygroskopische Eigenschaft des Glycerins, das der Plateau'schen Seifenlösung beigesetzt ist, mit der Zeit die Spannung einer Lamelle schon an und für sich vergrößern müsse, daß daher die beiden Lamellar-Calotten sich nicht bloß in Bezug auf ihre Dicke, sondern auch in Bezug auf ihren Wassergehalt unterschieden haben, da sie verschieden lange Zeit der feuchten Atmosphäre ausgesetzt waren. Dieser Einwurf aber würde einerseits die ähnlichen Versuche mit Quillaja-Decoct unberührt lassen, andererseits ist es leicht, sich des gewonnenen Resultates noch durch andere Versuche zu versichern.

Wenn man auf eine Lamelle einen dünnen biegsamen Faden legt und zerstört die Lamelle auf der einen Seite des Fadens oder ersetzt sie durch eine Lamelle von geringerer Cohäsion, so wird in beiden Fällen, wie ich ausführlicher in einer früheren Untersuchung¹⁾ gezeigt habe, der Faden sich convex und kreisförmig nach der Lamelle mit größerer Spannung ziehen. Die Form des Fadens, welcher zwei Lamellen verschiedener Spannung trennt, giebt deshalb ein sehr empfindliches Mittel ab, zu erkennen, welche Lamelle die größere Spannung besitzt. Bildet man in einem ebenen Drahtkreise eine Lamelle und neigt dieselbe etwas gegen den Horizont, so wird bald die Ordnung der Farben anzeigen, daß die Lamelle oben dünner wie unten geworden ist; befestigt man nun einen dünnen Seidenfaden (am besten einfachen Coconfaden) mit beiden Enden am Drahtkreise, so daß er in der Lamelle lose schwebt (Fig. 17 Taf. IV), so wird derselbe zuerst seiner Schwere gemäß, die Form einer Kettenlinie annehmen, die ihre convexe Seite nach unten kehrt.

Es ist hierbei wohl zu bemerken, daß ein solcher Faden und mag er noch so dünn seyn, nie eigentlich auf der Lamelle schwimmt, sondern dieselbe vollständig in zwei gesonderte Lamellen theilt, deren bewegliche Begränzung er bildet, eine Thatsache, die äußerlich durch den plötzlichen

1) Ueber die Ausbreitung der Flüssigkeiten auf einander, Pogg. Ann. 1869. Bd. 137, S. 362.

Sprung der Farben zu beiden Seiten des Fadens hervortritt. Und in der That, da auf der einen Seite des Fadens sich die obere dünne, auf der anderen die untere dicke Lamelle befindet, so erleidet derselbe eine eigenthümliche und interessante Veränderung seiner Form: An einer Stelle beginnt er langsam aus der Convexität nach unten in eine solche nach oben überzugehen (Fig. 18 Taf. IV), die von ihm gebildete Curve zeigt einen Wendepunkt, der Theil des Fadens, der seine convexe Seite nach oben kehrt, wird immer größer, der andere immer kleiner und das Spiel endigt damit, daß der Faden fast genau halbkreisförmig seiner Schwere entgegen nach oben gekrümmt ist (Fig. 19 Taf. IV). Löst man nun das eine Ende des Fadens vom Drahtkreise und überläßt es den wirkenden Kräften, so zieht sich der Faden rasch noch weiter nach oben in die Lamelle hinein, deutlich die von der oberen Lamelle ausgeübte Spannung verrathend. Dieser Versuch ist leicht anzustellen, nur vermeide man eine zu große Dicke des Fadens und eine zu starke Neigung der Lamelle, weil in beiden Fällen die Schwere des Fadens eine störende Rolle spielt.

Ebenso wie durch die Neigung läßt sich noch auf andere Weise die Lamelle zu einer Seite des Fadens dünner als die zur anderen machen. Die einfachste Methode wäre vielleicht die, daß man einen Faden, ihn lose mit beiden Händen haltend, mit einer ebenen horizontalen Lamelle in Berührung bringe, so daß er die ganze Lamelle durchschneidet, ohne straff gespannt zu seyn.

Bewegt man nun den ganzen Faden senkrecht zu seiner Hauptrichtung, so wird die eine der beiden Lamellen größer, die andere kleiner, die erstere wird in Folge dessen dünner als die zweite. Der Einfluß dieser Verschiedenheit der Dicke zeigt sich dadurch, daß der Faden kreisförmig convex nach der dünneren Lamelle hinein gekrümmt ist und löse ich das eine Ende des Fadens, so zieht sich das eine Ende des Fadens, sich noch weiter in diese hineinzuziehen bestrebt ist.

Ähnlich verhält sich ein Faden, der in Schleifenform (Fig. 20 Taf. IV) auf eine Lamelle gelegt ist, so zwar, daß

man die
man die
Lamelle
wegen
ist; die
lich da

Es
welche
dens d
genügt
melle
Versuch
nicht
Schrauf
suche
unseres
Versuch
Erklärung
doch b
Annalen
breitun
jener A
einer
schied
keiten
dieser
sam d
melle
pfen S
tet sich
Lamell
van d
giebt
Saponi
neuere
laja-D
1) Po
Pogge

man die Schleife beliebig zuziehen und lösen kann. Zieht man die Schleife zu, so wird die innere eingeschlossene Lamelle dicker seyn wie die äußere ringförmige, die selbst wegen ihrer jetzt größeren Ausdehnung dünner geworden ist; die Schleife nimmt genau Kreisform an und zeigt deutlich das Bestreben, sich zu erweitern.

Es werden sich noch viele Methoden ersinnen lassen, welche geeignet sind, die Lamelle auf einer Seite des Fadens dünner als die auf der anderen Seite zu machen; es genügt z. B. das Fortnehmen der Flüssigkeit der einen Lamelle mittelst eines Holzstäbchens; ebenso können diese Versuche sehr schön dadurch variirt werden, daß man nicht ebene, sondern gekrümmte Lamellen, z. B. Blasen, Schraubenflächen usw., anwendet; es genüge hier, diese Versuche soweit beschrieben zu haben, als sie zur Herleitung unseres Satzes nothwendig erscheinen. Nur noch einen Versuch möchte ich erwähnen, der, wenn er auch in seiner Erklärung mit den obigen Erscheinungen übereinstimmt, doch bestimmt ist, eine Lücke in einer von mir in diesen Annalen veröffentlichten Untersuchung ¹⁾ »Ueber die Ausbreitung der Flüssigkeiten auf einander« auszufüllen. In jener Arbeit, welche die Ausbreitung einer Flüssigkeit auf einer andern, z. B. des Oels auf Wasser, auf den Unterschied der Oberflächenspannungen der betreffenden Flüssigkeiten zurückführt, wird ein Versuch beschrieben, der mit dieser Ausbreitung im innigsten Zusammenhange steht, gleichsam den einfachsten Fall derselben bildet. Mit einer Lamelle oder einem Lamellar-System von Oel wird ein Tropfen Seifenflüssigkeit in Berührung gebracht; derselbe breitet sich zu einer kreisförmigen Lamelle innerhalb der Oel-Lamelle aus, und ersetzt diese endlich vollständig. Hr. van der Mensbrugghe, der diesen Versuch wiederholte, giebt an, daß sich derselbe in größerem Maasstabe mit Saponinlösung und Seifenwasser anstellen lasse; mich haben neuere Erfahrungen gelehrt, daß noch besser mit Quillaja-Decoct und Seifenwasser zu operiren sey, da Quillaja-

1) Pogg. Ann. 1869, Bd. 137, S. 363.

Decoct einmal gröfsere Spannung wie Seifenwasser besitzt, dann aber auch fast ebenso gute Lamellen als dieses liefert.

Bei dieser Erscheinung nun tritt eine eigenthümliche Störung ein, wenn man auf eine recht grofse Quillaja-Lamelle nur sehr wenig Seifenwasser bringt, vielleicht nur so viel wie an der Spitze eines kleinen Haarpinsels adhärirt. Dieses Tröpfchen breitet sich zuerst ziemlich regelmäfsig innerhalb der Quillaja-Lamelle aus, bald aber wird die Geschwindigkeit der Ausbreitung geringer und endlich gleich Null, d. h. die Quillaja-Lamelle wird nicht vollständig verdrängt, sondern umgibt ringförmig die im Innern kreisförmig schwebende Seifen-Lamelle. Die letztere ist nämlich jetzt, wie auch die Ordnung ihrer Farben zeigt, so dünn, dafs ihre Spannung gleich der der Quillaja-Lamelle geworden ist. Hieraus ist es auch klar, wenn auch vielleicht noch andere Ursachen hinzutreten, warum die Ausbreitung der Flüssigkeiten auf einander auch nur eine begränzte ist, warum der Tropfen Oel, wenn er auf Wasser, der Tropfen Seifenwasser, wenn er auf Oel gebracht wird, die dargebotene Fläche meist nicht ganz und gar, sondern nur bis zu einem Umfange, der Gröfse des Tropfens entsprechend, überzieht.

Wenn es also erwiesen scheint, dafs die Spannung der Lamellen bei geringerer Dicke zunimmt, dafs die Lamellen fast augenblicklich nach ihrem Entstehen diesem Einflufs unterworfen sind, so bleibt eine Erscheinung zu erklären, die mit diesem Gesetze im scheinbaren Widerspruch steht, die Erscheinung nämlich, dafs eine Lamelle, besonders wenn sie gegen den Horizont geneigt ist, an verschiedenen Stellen verschieden dick seyn kann. In der That, in einer ebenen Lamelle sowohl wie in einem gekrümmten Lamellar-System müssen die tangentialen Kräfte an irgend einem Punkt im Gleichgewicht seyn; haben wir aber den einfachsten Fall, eine geneigte ebene Lamelle, so wäre die Spannung, die einen Punkt derselben nach oben zieht, gröfser als diejenige, die ihn nach unten zieht, da erstere einem dünneren Stück der Lamelle angehört als die letztere und die Spannung mit der Dünne wächst.

Wenn wir aber die wirkenden Kräfte näher untersuchen, so ist es eben nicht der Unterschied der Spannungen allein, welchen der Punkt unterworfen ist, und der folgend er freilich (wie in dem vorher erwähnten Versuche der Faden) nach oben wandern müßte, sondern es tritt die Wirkung der Schwere hinzu, diese zieht ihn nach unten und addirt sich zur Spannung des unteren Theiles der Lamelle. Gleichgewicht wird also seyn, wenn für jeden Punkt die Spannung der oberen dünnen Lamelle gleich ist der Summe aus der Schwere und der Spannung der unteren Lamelle.

Manchem Beobachter wird es aufgefallen seyn, und am klarsten tritt die Erscheinung hervor, wenn man das vergrößerte Bild einer geneigt stehenden Lamelle auf eine weiße Fläche projectirt, daß die Theilchen der Lamelle nicht bloß ihrer Schwere gemäß eine Bewegung nach unten, sondern auch eine solche und zwar lebhaft nach oben zeigen. Diese letztere Bewegungen, die sonst ganz unverständlich seyn würden, beruhen eben auf jenem Unterschied der Spannungen der oberen Theile der Lamelle und der unteren, und ebenso wie ein Kampherstückchen auf Wasser im Spiel der Spannungs-Unterschiede an seinem Umfange die eigenthümlichen Bewegungen zeigt, so drehen und bewegen sich die einzelnen Theile einer Lamelle und geben zu jenen rasch wechselnden Farbenspielen Anlaß, wie sie die kleinste Lamelle sogar noch unter dem Mikroskop zeigt.

Ich werde nicht versuchen, mich hier schon auf eine Discussion des gefundenen Resultates einzulassen. Die Theorie schien dem Hauptgesetz gemäß über die vollkommene Beweglichkeit der Flüssigkeiten, so wie den bisher bekannten Gesetzen der Molecularkräfte gemäß das entgegengesetzte Resultat zu fordern; die Versuche sind unzweideutig und es bleibt übrig, die Theorie zu ergänzen. Ob die Entfernung der Theilchen bei einer dünnen Lamelle gleich der einen dickeren sey, oder ob sich nicht vielmehr eine dünne Lamelle immer mehr dem Zustande eines festen

elastischen Häutchens nähere, und die Theilchen sich mehr von einander entfernen, sind Fragen, die mit dem angeführten Gesetze in naher Verbindung zu stehen scheinen.

Sicher scheint jedoch, daß die Erscheinungen, daß Platten um so fester an einander haften, je dünner die zwischen ihm befindliche Flüssigkeitsschicht ist, daß ferner Leim um so besser kittet, je dünner er zwischen die Holzstücke gebracht wird, auch mit dem obigen Versuche in nahem Zusammenhange stehen.

Fassen wir noch einmal zum Schlufs die Resultate dieser Untersuchung zusammen, so scheint erwiesen:

- 1) Daß eine Lamelle schon gleich nach ihrem Entstehen eine Dicke hat, die kleiner ist als der doppelte Wirkungsradius der Molecularkräfte, daß also die Spannung einer Lamelle keine Constante, sondern eine Function der Dicke ist.
- 2) Daß die Spannung einer Lamelle zunimmt, wenn die Dicke abnimmt.

VII. *Ueber den Einfluß der Temperatur auf die Empfindlichkeit der Spectral-Reactionen;*

von E. Cappel,

Bergassessor.

Schon die Entdecker der Spectral-Analyse, Kirchhoff und Bunsen, wiesen in ihrer ersten über diesen Gegenstand veröffentlichten Abhandlung ¹⁾ darauf hin, daß die Intensität der Spectren der Alkalien und alkalischen Erden mit der Steigerung der angewendeten Temperatur zunehme, ohne sich indessen ausdrücklich darüber auszusprechen, ob die vergrößerte Lichtstärke lediglich in der vermehrten

1) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 161.

Flüchtigkeit dieser Metalle oder in der hierdurch verstärkten Empfindlichkeit der Spectralreactionen zu suchen sey.

Zur Entscheidung dieser Frage und um die Empfindlichkeitsgränze derjenigen Metalle zu bestimmen, über welche bisher zuverlässige Angaben nicht vorliegen, wurden die Salzlösungen der zu untersuchenden Metalle zwischen den Polen eines kleinen Stöhrer'schen Funkeninductors verflüchtigt, dessen secundäre Rolle eine Höhe von 20 und einen Durchmesser von 9 Cm. hatte und bei Erregung durch drei bis vier Grove'sche Becher einen Funken von $1\frac{1}{2}$ Cm. Länge zu liefern vermochte.

Als Elektroden erwiesen sich die von AL. Mitscherlich¹⁾ angegebenen Bündel aus feinen Platindrähten sehr zweckmäfsig, die ein leichtes und sicheres Aufsaugen der Probe gestatten und hierdurch das unter Einwirkung des Funkenstroms leicht eintretende mechanische Fortschleudern der Flüssigkeit verhindern. Die Reinigung dieser Platindrähtebündel, von denen der Bequemlichkeit halber stets eine gröfsere Anzahl vorrätig zu halten ist, wird am besten bewirkt, wenn dieselben als Anode eines schwachen galvanischen Stroms in verdünnte Säure getaucht werden.

Es scheinen sich nämlich bei der hohen Temperatur des elektrischen Funkens, namentlich in dem Falle der Anwendung von concentrirteren Lösungen, Legirungen von Platin und den betreffenden Metallen zu bilden, da weder eine lange und anhaltende Behandlung mit Säuren, noch Schmelzen mit zweifach schwefelsaurem Kali das Spectrum von den Linien der angewandten Metalle, wohin übrigens nicht blos die eigentlichen Metalle, sondern diese im weitesten Sinne (z. B. Lithium) gehören, zu befreien vermag. Nach mehrstündiger Behandlung der Elektroden in der Zersetzungs- zelle des galvanischen Stromkreises erhält man jedoch gewöhnlich ein Spectrum von befriedigender Reinheit.

Sowohl das äufsere Aussehen der Spectren, wie direct angestellte Vergleiche ergeben, dafs für den beabsichtigten Zweck die Einschaltung einer Leidener Flasche in den in-

1) Zeitschr. f. analyt. Chem. Bd. I, S. 456.

ducirten Draht nicht zweckmäßig war. Die gesteigerte Lichtstärke der Metallinien wird in diesem Falle mehr wie compensirt durch die verstärkte Helligkeit des Hintergrundes, die äußerst zahlreichen und hellen Linien der atmosphärischen Luft und die Nothwendigkeit, unter diesen Verhältnissen die Millimeter-Scale des Spectroskops stark zu erleuchten. Es ist möglich, vielleicht sogar wahrscheinlich, daß unter anderen Bedingungen und namentlich bei gesteigerter Leistungsfähigkeit des Inductors diese Verhältnisse andere werden; wenigstens scheinen die Angaben von Kirchhoff¹⁾ hierauf hinzuweisen.

Zur Bestimmung der Reactionsfähigkeit der einzelnen Metalle wurde dieselbe Methode angewendet, deren sich Kirchhoff und Bunsen²⁾ beim Caesium und Rubidium bedienten. Von jedem Metallsalze und zwar gewöhnlich dem Chloride wurde eine Reihe von Lösungen hergestellt, deren Concentrationsgrad eine geometrische Reihe mit dem Exponenten 2 bildete, so daß jede folgende Lösung den doppelten Verdünnungsgrad der vorhergehenden hatte. Mit diesen Lösungen wurden vermittle eines Platindrahtes, dessen Ohr einen etwa 1 Milligr. schweren Tropfen zu fassen vermochte, die negative Elektrode des Funkeninductors befeuchtet, und hierauf der Funkenstrom durch das Spectroskop analysirt, indem successive von den verdünnteren zu den concentrirteren Lösungen fortgeschritten wurde, bis die Linien des betreffenden Metalls, deren Lage für das benutzte Instrument vorher genau festgestellt war, deutlich erkannt wurden.

Bei den äußerst geringen Spuren, um deren Nachweisung aus einem sehr schnell vorübergehenden, häufig nur ein- bis zweimal stattfindenden Aufblitzen der betreffenden Spectrallinien es sich hier handelt, ist es von Wichtigkeit, bevor der Inductor in Thätigkeit gesetzt wird, das Auge vor das Ocular des Beobachtungsfernrohrs zu bringen. Ohne Beihülfe einer zweiten Person wird dieser Zweck erreicht,

1) Kirchhoff, Untersuchungen über das Sonnenspectrum, 1. Th. S. 7.

2) Pogg. Ann. Bd. 113, S. 380.

wenn
mit
schen
regul
die
reich
Indu
währ
vor
I
ten
Gew
schen
fähig
gen
Scale
noch
Colo
chem

wenn an die Spitze der Stahlnadel, welche in Verbindung mit einer verschiebbaren Metallkugel bei den Stöhrer'schen Apparaten die Bewegung des oscillirenden Ankers regulirt, ein dünner Faden befestigt wird, der von hier um die Inductionsrolle bis zur Hand des Experimentirenden reicht. Ein gelindes Anziehen des Fadens vermag dann den Inductor jeder Zeit in und außer Thätigkeit zu setzen, während das Auge des Beobachters sich ununterbrochen vor dem Fernrohrocular befindet.

Die folgende Tabelle enthält als Resultate der angestellten Beobachtungen in der zweiten Columnne die Minima der Gewichtsmengen, auf das betreffende Element in *metallischem* Zustande bezogen, welche die Gränze der Reactionsfähigkeit bezeichnen und in der dritten Columnne diejenigen Linien auf die von Al. Mitscherlich angegebene Scale ¹⁾ bezogen, welche bei dieser Gränze im Spectrum noch sichtbar waren. Die griechischen Buchstaben dieser Columnne bezeichnen die identischen Linien der gewöhnlichen Flammenspectren.

Tabelle No. 1.

Name des untersuchten Metalls	Empfindlichkeit in Milligrammen bei Anwendung des Ind. Funk.	Empfindlichste Linien
1. Caesium	$\frac{1}{4000}$	α
2. Rubidium	$\frac{1}{1000}$	α
3. Kalium	$\frac{1}{400}$	α
4. Lithium	$\frac{1}{4000000}$	α
5. Baryum	$\frac{1}{900000}$	65
6. Strontium	$\frac{1}{10000000}$	70. (δ)
7. Calcium	$\frac{1}{10000000}$	41,6
8. Magnesium	$\frac{1}{500000}$	98,5
9. Chrom	$\frac{1}{4000000}$	99,1
10. Mangan	$\frac{1}{300000}$	60,2
11. Zink	$\frac{1}{800000}$	81
12. Indium	$\frac{1}{90000}$	α

1) Pogg. Ann. Bd. 121, Taf. V und VI.

Name des untersuchten Metalls	Empfindlichkeit in Milligrammen bei Anwendung des Ind. Funk.	Empfindlichste Linien
13. Kobalt	$\frac{1}{10\ 000}$	32
14. Nickel	$\frac{1}{500}$	108,3
15. Eisen	$\frac{1}{28\ 000}$	55
16. Thallium	$\frac{1}{20\ 000\ 000}$	α
17. Kadmium	$\frac{1}{18\ 000}$	93,9
18. Blei	$\frac{1}{20\ 000}$	27
19. Wismuth	$\frac{1}{70\ 000}$	76,7
20. Kupfer	$\frac{1}{20\ 000}$	95. 97,5. 100
21. Silber	$\frac{1}{12\ 000}$	108
22. Quecksilber	$\frac{1}{10\ 000}$	53,4
23. Gold	$\frac{1}{4000}$	80,2
24. Zinn	$\frac{1}{17\ 000}$	65.

Aus der zweiten Columnne der vorstehenden Tabelle, in welcher die Reihenfolge der einzelnen Metalle nach ihrem chemischen Verhalten geordnet ist, lässt sich im Allgemeinen das Resultat ableiten, dass die Empfindlichkeit der Spectralreactionen bei der Temperatur des benutzten Inductionsfunken mit einem Minimum bei der Kaliumgruppe der Alkalien (Ca, Rb, Ka) beginnt, dann sehr schnell bei den alkalischen Erden und einem Theil der schweren Metalle steigt, um von da ab wieder langsam zu sinken, so dass zum Theil die Reactionsfähigkeit auf den bei der Kaliumgruppe beobachteten Grad zurücksinkt. (Au.)

Aus der dritten Columnne erhellt, dass mit Ausnahme des Kupfers bei allen untersuchten Metallen eine specifisch charakteristische Linie das Maximum der Empfindlichkeit repräsentirt.

Hinsichtlich einzelner Metalle ist Folgendes zu bemerken. Eine Prüfung der Natriumverbindungen auf dem gewählten Wege war aus bekannten Gründen nicht möglich; nur im Allgemeinen konnte aus der Beschaffenheit des Spectrums der Schluss gezogen werden, dass die Empfindlichkeit der Natriumreaction bei der Temperatur des Inductionsfunken wahrscheinlich grösser ist, wie in der Bunsen'schen Gas-

flamme. Das Natrium würde daher in spectraler Beziehung der Gruppe des Lithiums, nicht der des Kaliums beizuzählen seyn.

Hinsichtlich der Kalkverbindungen stellen sich bei der Temperatur des Inductionsfunken ähnliche Schwierigkeiten ein, wie sie für das Natrium schon in den Flammenspectren auftreten. Reines destillirtes Wasser, welches nur kurze Zeit mit Glasgefäßen in Berührung gewesen ist, zeigt fast immer die charakteristische Linie 41,6, welche identisch ist mit der einzigen *Metall*-Linie im blauvioletten Felde, welche bei der Temperatur der Gasflamme auftritt. Es war daher auch nicht möglich, mit Sicherheit die äußerste Empfindlichkeitsgränze dieses Körpers zu bestimmen; wahrscheinlich ist sie bedeutend höher als angegeben und etwa der des Strontiums gleich zu setzen.

Die für Eisen, Kobalt und Nickel erhaltenen Resultate ergeben wahrscheinlich wegen der äußerst großen Schwerflüchtigkeit dieser Körper zu kleine Werthe, insofern die Stärke des benutzten Inductionsapparats hier nicht ausreichte; bei kräftigeren Inductoren werden ohne Zweifel sich Resultate erzielen lassen, welche der chemischen Stellung dieser Metalle mehr entsprechen. Dafs im Uebrigen bei zur Bildung von Spectren ausreichender Temperatur die Flüchtigkeit an sich ohne merklichen Einflufs auf die Reactionsfähigkeit ist, beweist vor Allem das Beispiel des Quecksilbers, dessen Empfindlichkeit vollständig seiner chemischen Stellung in der Reihenfolge der Metalle entspricht.

Die ungemeine und der chemischen Stellung des Metalls nach anomale Empfindlichkeit der Thalliumreaction findet ein entsprechendes Analogon in den chemischen Eigenschaften dieses Elements, welches, obwohl zu den schweren Metallen zählend, durch die Auflöslichkeit seines Oxyds in Wasser an Alkalien und alkalische Erden erinnert.

Die für die Reactionsempfindlichkeit der aufgeführten 24 Metalle ermittelten Resultate stimmen in keiner Weise mit den von Brassack ¹⁾ gefundenen Zahlen; es ist indes-

1) Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 4, S. 87.

sen leicht zu erkennen, daß das von diesem Autor eingeschlagene Verfahren nicht zu richtigen Resultaten führen konnte. Die von ihm gewählte Methode, aus dem Gewichtsverlust der metallischen Elektroden, welchen diese in der Zeiteinheit (Secunde) durch das Ueberspringen des Inductionsfunken erleiden, die Reactionsfähigkeit der betreffenden Metalle abzuleiten, setzt nämlich zur Erlangung richtiger Resultate die Bedingung voraus, daß erstens die Empfindlichkeit der Spectralreactionen umgekehrt proportional der Flüchtigkeit des betreffenden Metalles sey, und zweitens daß die Gewichtsverminderung der Metallelektroden lediglich durch Verdampfung entstanden sey. Die erste Voraussetzung ist unbewiesen und, auch abgesehen von den von mir erhaltenen Resultaten, gänzlich unwahrscheinlich; die zweite widerlegt sich aus Brassack's eigenen Angaben: Denn nach diesen würde sich Zink, welches schon unter dem Schmelzpunkt des Eisens destillirt, schwieriger verflüchtigen als dieses. Er giebt nämlich für jenes als Gränze der Spectralreaction $\frac{1}{6500}$, für dieses $\frac{1}{2500}$ Milligr. an. Die Erklärung für die scheinbar geringere Flüchtigkeit des Zinks liegt wohl in dem auch anderweit bekannten Umstande, daß der Inductionsfunke nicht nur durch Wärme, sondern auch mechanisch abreisend an den Elektroden wirkt, und die abgerissenen Metalltheile nicht sämmtlich in den dampfförmigen Zustand übergeführt worden.

Das vollständig Unzutreffende der Brassack'schen Methode springt aber am besten in die Augen, wenn man erwägt, daß nach ihr leicht verdampfenden und spectralanalytisch zugleich sehr empfindlichen Körpern, wie dieß z. B. das Thallium unzweifelhaft ist, eine relativ sehr geringe Reactionsfähigkeit zukommen würde.

Die folgende Tabelle No. 2 ist aus älteren Beobachtungen mit der Modification zusammengestellt, daß sämmtliche Angaben auf den Metallgehalt der betreffenden Verbindungen reducirt wurden.

D
sind
nigen
sub 1
F
vor;
demse
kens
gelun
gegeb
ratur
sen's
Körp
der T
N
die R
schen

- 1) P
- 2) Z
- 3) Z
- 4) Z

Tabelle No. 2.

Name des Metalls	Reactionsfähigkeit bei der Temperatur der Bunsen'schen Gasflamme in Milligr.
1. Caesium	$\frac{1}{25000}$
2. Rubidium	$\frac{1}{7000}$
3. Kalium	$\frac{1}{3000}$
4. Natrium	$\frac{1}{14000000}$
5. Lithium	$\frac{1}{600000}$
6. Baryum	$\frac{1}{2000}$
7. Strontium	$\frac{1}{30000}$
8. Calcium	$\frac{1}{30000}$
9. Mangan	$\frac{1}{93}$
10. Indium	$\frac{1}{2000}$
11. Thallium	$\frac{1}{50000}$
12. Kupfer	$\frac{1}{203}$

Die angegebenen Zahlen für die Körper *sub* 1) bis 8) sind den Angaben Kirchhoff's und Bunsen's¹⁾, diejenigen *sub* 9) und 12) denjenigen Simmler's²⁾ und die *sub* 11) derjenigen Lamy's³⁾ entnommen.

Für das Indium lag eine entsprechende Angabe nicht vor; ich bestimmte daher die Empfindlichkeit desselben auf demselben Wege, der für die mit Hülfe des Inductionsfunkens beobachteten Reactionen eingeschlagen war, in Ermangelung von Leuchtgas mit Hülfe der von Rexroth⁴⁾ angegebenen Alkoholgaslampe zu $\frac{1}{400}$ Milligr. Da die Temperatur dieser Flamme niedriger ist als diejenige des Bunsen'schen Brenners, suchte ich durch Vergleich mit anderen Körpern einen annähernden Werth zu gewinnen, welcher der Temperatur des letzteren entspricht.

Nach zu diesem Zweck angestellten Versuchen wurde die Reactionsfähigkeit von Ca, Sr und Tl in der Rexroth'schen Lampe zu resp. $\frac{1}{4000}$, $\frac{1}{7000}$ und $\frac{1}{5000}$ Milligr. gefunden;

1) Pogg. Ann. Bd. 110, S. 161 und Bd. 113, S. 380.

2) Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 1, S. 353.

3) Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 1, S. 481.

4) Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 3, S. 455.

sie war also um das 4 bis 10fache geringer wie für den Bunsen'schen Brenner. Man wird daher die Empfindlichkeit der Indiumreaction bei der Temperatur des letzteren zu mindestens $\frac{1}{5 \cdot 400} = \frac{1}{2000}$ Milligr. schätzen können.

Dividirt man mit den Zahlen der zweiten Columnne von Tabelle No. 2 in die entsprechenden Werthe der Tabelle No. 1, so erhält man für die betreffenden Metalle das Verhältniß der Reactionsfähigkeit bei der Temperatur des Inductionsfunken zu derjenigen bei der Temperatur der Gasflamme.

Tabelle No. 3.

Name des Metalls	Verhältniß der Reactionsfähigkeit im Inductionsfunken zu derjenigen in der Gasflamme
1. Caesium	$\frac{1}{6}$
2. Rubidium	$\frac{1}{7}$
3. Kalium	$\frac{1}{7}$
4. Lithium	70 : 1
5. Baryum	450 : 1
6. Strontium	3300 : 1
7. Calcium	330 : 1
8. Mangan	2400 : 1
9. Indium	44 : 1
10. Thallium	1600 : 1
11. Kupfer	70 : 1.

Die Bedeutung dieser Zahlen ist nachstehend erörtert.

Schon Kirchhoff wies darauf hin¹⁾, daß das Spectrum des Kaliums bei der Temperatur des Inductionsfunken erheblich weniger intensiv erscheine, als in der nicht leuchtenden Gasflamme; schon hieraus läßt sich *a priori* die geringere Empfindlichkeit der Spectralreaction dieses Metalls bei jener Temperatur folgern. Diese Folgerung gilt, wie die Zahlen sub 1) bis 3) der vorstehenden Tabelle zeigen, nicht nur für das Kalium, sondern für sämtliche Metalle

¹⁾ Kirchhoff, Unters. über das Sonnenspectr. 2. Thl. S. 7.

der Kaliumgruppe (Ca, Rb, K). Es ist ferner erwiesen¹⁾, daß bei der Temperatur der Wasserstofflampe und namentlich der Knallgaslampe bei den Alkalien neue Spectrallinien sichtbar werden, welche bei gleicher Leistungsfähigkeit des optischen Apparats weder in der nichtleuchtenden Gaslampe, noch in dem Inductionsfunken auftreten. Diefes scheint selbst von dem den Uebergang zu den alkalischen Erden bildenden Lithium zu gelten, da die blaue Linie dieses Metalls weder in den Kirchhoff'schen Tafeln angegeben ist, noch von mir wahrgenommen werden konnte.

Für die übrigen Metalle, einschließlic des Lithiums, erhellt aus der Tabelle, daß bei der Temperatur des elektrischen Funkens die Empfindlichkeit der Spectralreactionen auf das 40 bis 3000fache derjenigen steigt, welche bei der Temperatur der Gaslampe stattfindet. Zugleich treten im Spectrum des Inductionsfunken zahlreiche neue Linien auf, welche bei niedrigeren Wärmegraden nicht sichtbar werden.

Combinirt man diese Erscheinungen, so liegt es nahe, dieselben in folgenden Sätzen zusammen zu fassen, deren Bestätigung im Einzelnen freilich weiteren Forschungen überlassen bleiben muß.

1) Mit steigender Temperatur nimmt die Empfindlichkeit der Spectralreactionen und die Zahl der Spectrallinien bis zu einem gewissen Temperaturgrade zu; wird die Temperatur über diesen Grad hinaus gesteigert, so findet in beiden Beziehungen eine Abnahme statt.

2) Linienreichthum und Empfindlichkeit eines Spectrums sind in der Weise correlate Erscheinungen, daß bei derjenigen Temperatur, wo jener am stärksten ausgebildet ist, auch diese ihr Maximum erreicht.

3) Derjenige Temperaturgrad, bei welchem das Maximum der Empfindlichkeit stattfindet, ist für die verschiedenen Metalle verschieden; derselbe steigt im Allgemeinen von den Alkalien zu dem elektro-negativen Ende der Metallreihe.

Zur Vermeidung von Mißverständnissen mache ich ausdrücklich darauf aufmerksam, daß, wo im Vorstehenden von

1) Zeitschr. f. anal. Chem. Bd. 1, S. 459.

Linien des Spectrums die Rede ist, hierunter immer die dem Metall entsprechenden Streifen verstanden sind und sich nicht auf die Bänder oder Linien der Verbindungsspectren beziehen.

Nach meinen Erfahrungen nimmt die bei niedriger Temperatur empfindlichste Metalllinie auch bei gesteigerter Wärme diesen Rang ein. Es gilt dies z. B. unbedingt vom Li, Sr, Ca, In, Tl. Wie aus einem Vergleich mit den von Al. Mitscherlich publicirten Tafeln ¹⁾ hervorgeht, scheint dies indessen bei anderen Metallen z. B. Mn und Ba nicht der Fall zu seyn.

Als practisches Ergebniss der vorstehenden Erörterungen läßt sich der Satz aufstellen, daß die Spectralanalyse der Alkalien am vortheilhaftesten etwa bei der Temperatur der Knallgasflamme, diejenige der übrigen Metalle bei derjenigen des elektrischen Funkens vorgenommen wird.

Da mit Anwendung stärkerer Inductoren unzweifelhaft auch die Temperatur des Funkens zunimmt, so ist es höchst wahrscheinlich, daß hierdurch für eine große Reihe von Metallen die Empfindlichkeit der Spectralreactionen über die oben mitgetheilten Gränzwerte hinaus gesteigert zu werden vermag; unzweifelhaft aber dürfte es seyn, daß die Wahl einer zweckmäßigen Temperatur für die Empfindlichkeit der Spectralanalyse nicht weniger wichtig ist, als die Anwendung des Spectroskops selbst. Denn nimmt man z. B. an, daß von Strontium im Wege der gewöhnlichen Analyse noch $\frac{1}{100}$ Milligr. nachweisbar ist, so würde die Analyse des Flammenspectrums des Bunsen'schen Brenners noch $\frac{1}{300}$ dieser Menge nachweisen, während der elektrische Funke noch $\frac{1}{3000}$ der durch das Flammenspectrum erkennbaren Menge angiebt.

Auch für die Entdeckung neuer Metalle scheint die Anwendung höherer Temperaturen von großer Bedeutung zu seyn. Erwägt man beispielsweise, daß, abgesehen von dem Jargonium, alle spectralanalytisch entdeckten Metalle unter Anwendung der Gasflamme aufgefunden zu seyn scheinen,

1) Pogg. Ann. Bd. 121 a, a. O.

und d
bei di
worde
schein
dung
wohl
hierdu
D

VIII
The
el

N
die T
angev
tung
aufge
einze
tatsle
Expe
S. 63
welch
rung
negat
Rech
dara
posit
The
gen,
ist,

und dadurch die Zahl derjenigen Metalle, welche überhaupt bei dieser Temperatur ein Spectrum geben, fast verdoppelt worden ist, so leuchtet ohne Weiteres ein, daß die Wahrscheinlichkeit der Auffindung neuer Metalle unter Anwendung des elektrischen Funkens eine sehr groÙe ist, da sowohl die Feinheit wie der Umfang dieser Art der Analyse hierdurch erheblich gesteigert werden.

Dortmund, im December 1869.

VIII. *Ueber Knochenhauer's Vergleichung der Theorie mit der Erfahrung für die oscillatorische elektrische Entladung in einem verzweigten Schließungsbogen;*
von W. Feddersen.

Nachdem ich in dem 130. Bande dieser Annalen S. 439 u. f. die Theorie der elektrischen Flaschenentladung auf den Fall angewendet hatte, wo der Schließungsbogen eine Zweigleitung enthält, und gezeigt, daß gewisse, von Knochenhauer aufgefundene Anomalien der Wärmeentwicklung, in den einzelnen Zweigen aus den Grundprincipien der Elektrizitätslehre ihre natürliche Erklärung finden, hat der genannte Experimentator im 133. Bande d. Ann. S. 447 u. f. sowie S. 655 u. f. eine Reihe von Versuchen veröffentlicht, aus welchen er eine Discordanz zwischen Theorie und Erfahrung abzuleiten sucht. Es war meine Absicht, nicht bloß negativ zu zeigen, daß die von Knochenhauer geführte Rechnung in ihren Grundlagen falsch ist, in Folge dessen seine daraus gezogenen Schlüsse unzutreffend sind, sondern auch positiv durch Experimente zu beweisen, daß in der That Theorie und Erfahrung auch im verzweigten Schließungsbogen, soweit man Erstere durch Letztere zu prüfen im Stande ist, vollkommen Hand in Hand gehen oder materiell den

Differenzpunkt näher anzugeben. Bereits hatte ich mir verschiedene Apparate herstellen lassen, als persönliche Verhältnisse mich veranlassten, von einer experimentellen Behandlung des Gegenstandes wenigstens vorläufig abzusehen. Um nun die Einwürfe Knochenhauer's gegen die Theorie nicht länger unerledigt zu lassen, beschränke ich mich auf die Ausführung des ersten Theils meines Planes, nämlich die Besprechung der a. a. O. von Knochenhauer veröffentlichten Experimente, und der von ihm dafür versuchten Berechnung, wobei sich zeigen wird, daß die Versuche, weit entfernt, die Richtigkeit der Theorie in Zweifel zu stellen, vielmehr, soweit sie eine approximative Controle der Theorie zulassen, als Stütze derselben dienen können.

Zunächst möge kurz recapitulirt werden, warum es sich handelt.

Entladet man eine Leydener Flaschenbatterie durch einen gut leitenden einfachen Schließungsbogen, so oscillirt, wie durch Theorie und Erfahrung hinreichend bewiesen, die vorher in der Batterie angehäuften Elektricität, durch Wärmeabgabe und Arbeitsleistung sich verzehrend, zwischen den inneren und äußeren Belegungen¹⁾.

Die Theorie für einen einfachen Schließungsbogen läßt sich auch auf den Fall anwenden, wo sich in demselben ein Zweigsystem befindet.

In meiner Abhandlung über die Theorie der Stromverzweigung bei der elektrischen oscillatorischen Entladung a. a. O. habe ich unter gewissen Voraussetzungen den Ausdruck für die Stromstärke entwickelt, welche in irgend einem Augenblick in einem von zwei Zweigen stattfindet. Aus

1) Der mathematische Ausdruck für die Existenz dieser oscillatorischen Entladungsweise ist bekanntlich in der Bedingung

$$\frac{4}{A\beta} > \frac{W^2}{4A^2}$$

enthalten, wo β die Capacität der Batterie, W der Widerstand des Schließungsbogens und A die elektrodynamische Constante (das Strompotential oder die elektrodynamische Capacität) des Letzteren bedeutet.

der Formel für diese Stromstärke habe ich durch Integration einen Ausdruck abgeleitet für die Wärmeentwicklung an zwei identischen Prüfungsstellen der Zweige (also z. B. in zwei gleichen, in die Zweige eingeschalteten Luftthermometern). Der Ausdruck war eine complicirte Formel, welche sich jedoch unter beschränkenden Annahmen außerordentlich vereinfachen liefs. Es ergab sich nämlich, dafs die in einem Zweige entwickelte Wärmemenge in diesem Falle umgekehrt proportional wurde dem Quadrat der elektrodynamischen Constante dieses Zweiges, analog wie die Erwärmung in dem Zweige eines *galvanischen* Schließungsbogens umgekehrt proportional dem Quadrat des galvanischen Widerstands seyn würde.

Ferner machte ich a. a. O. darauf aufmerksam, dafs bei verschiedenen Versuchen von Knochenhauer die erwähnten beschränkenden Annahmen zutreffend scheinen, und, dafs er in diesen Fällen die Wärmeentwicklung umgekehrt proportional mit dem Quadrat der von ihm so genannten »äquivalenten Länge« gefunden hat. Ich sprach es aus, dafs in diesen Fällen die »äquivalente Länge« (wenigstens annähernd) als ein Ausdruck für das Strompotential und mithin in gewisser Weise als eine physikalische Constante zu betrachten sey. Als Consequenz davon hob ich hervor, dafs in jenen Fällen die »äquivalente Länge« in derselben Art und in demselben Sinne wie die elektrodynamische Constante nur von Figur und Dimensionen des Zweigdrahtes sich abhängig zeigt.

Zugleich erwähnte ich, dafs bei einer andern Anzahl von Versuchen, wo Knochenhauer die »äquivalente Länge« von dem Material des Zweigdrahtes, von der Gröfse der Batterie, so wie von dem Widerstand der Hauptleitung des Schließungsbogens abhängig findet, hinreichender Grund zu der Annahme vorhanden ist, dafs die beschränkenden Bedingungen nicht erfüllt sind, unter denen die Erwärmung einer Prüfungsstelle in einem Zweige dem reciproken Quadrate der elektrodynamischen Constante dieses Zweiges proportional gesetzt werden darf. Die »äquivalente Länge«,

durch die reciproke Wurzel aus dem Werthe der Erwärmung bestimmt, läßt sich dann nicht mehr als eine physikalische Constante des in dem Zweige angewandten Leitersystems betrachten.

Untersucht man mit Hülfe der allgemeinen, a. a. O. von mir entwickelten Erwärmungsformel theoretisch, wie sich der unter beschränkenden Annahmen gefundene einfache Ausdruck der Erwärmung ändert, wenn man die eine oder andere der Beschränkungen fallen läßt, so findet man eine Aenderung, welche dem Sinne nach durchaus der Aenderung entspricht, welche Knochenhauer bei seiner „äquivalenten Länge“ gefunden hat; dieß habe ich ebenfalls a. a. O. des Weiteren auseinandergesetzt, ohne jedoch die Uebereinstimmung von Theorie und Erfahrung für einzelne Versuche Knochenhauer's numerisch nachzuweisen. Eine solche Nachweisung müßte ihr Mißliches haben, weil auf der einen Seite die Figur und Anordnung der Drähte bei Knochenhauer nicht genau genug beschrieben war, um danach eine genauere Auswerthung der elektrodynamischen Constante vornehmen zu können, auf der andern Seite aber die Auswerthung selbst, bei nicht ganz einfachen geometrischen Figuren unüberwindliche mathematische Schwierigkeiten bietet¹⁾. Dennoch ließen sich in manchen Fällen vielleicht gewisse wahrscheinliche Werthe ermitteln.

Wenigstens versucht Knochenhauer für einige²⁾ sei-

- 1) Die elektrodynamische Constante (oder das Strompotential, auch elektrodynamische Capacität genannt) eines Leiters muß ja durch Integration von

$$\frac{8}{c^2} \iint \frac{ds ds'}{r} \cos \theta \cos \theta'$$

über den ganzen Leiter gefunden werden. (Die Buchstaben haben hier die gewöhnliche, auch von Kirchhoff gebrauchte Bedeutung.)

- 2) Knochenhauer theilt in derselben Abhandlung an verschiedenen Stellen mehre Versuche mit, in denen Verhältnisse (Magnetisirungen theils von eisernen Leitungsdrähten, theils von in Inductionsrollen geschobenen Eisendrahtbündeln) vorkommen, welche der Vereinfachung halber, von Anfang an, bei Entwicklung der Formeln ausgeschlossen waren. Da die Bedingungen, für welche die Formeln der elektrischen Entladung abgeleitet sind, sowohl in den Thomson'schen und Kirchhoff'schen

ner, in diesen Annalen Bd. 133 beschriebenen Versuche, eine Vergleichung zwischen Theorie und Erfahrung anzustellen, und hiervon soll in Folgendem die Rede seyn.

Zunächst bespricht Knochenhauer in der vorliegenden Abhandlung einen Fall, wo ein $33^m,532$ langer, $1^m,184$ dicker Kupferdraht das eine Mal als »gestreckter Draht«, das andere Mal als Spirale von 32 Windungen mit $3''' = 6^m,767$ Abstand zweier benachbarter Windungen zum Versuch diente. Die »aequivalenten Längen« sind von Knochenhauer in gewöhnlicher Weise bestimmt, und der Versuch fällt in die Kategorie derjenigen, für die ich behauptet habe, daß die »aequivalente Länge« wenigstens annäherungsweise als ein Ausdruck des Strompotentials für den betreffenden Draht in der angewandten Form und Aufspannungsart anzusehen sey. Knochenhauer findet aus dem Versuch das Verhältniß der »aequivalenten Länge« für den »gestreckten Draht« zu derjenigen für die Spirale, wie

$$1 : 6,73.$$

Es kommt nun darauf an, für beide Formen der gebrauchten $33^m,532$ die elektrodynamische Constante zu entwickeln, und das Verhältniß zu bilden, welches der Theorie nach mit dem eben angegebenen übereinstimmen soll.

Für die zweite Form (die Spirale) die elektrodynamische Constante zu bilden, ist nach der von Kirchhoff, in diesen Annalen Bd. 121, S. 560 gegebenen Formel nicht schwer.

Wenn man hier, wie auch später, den Factor $\frac{8 \cdot 2 \cdot 33532}{c^2}$ fortläßt, beträgt sie nach Knochenhauer bei einem zu $6^m,767$ angenommenen Abstand der Windungen

$$46,4441,$$

Abhandlungen, als auch von mir a. a. O. erörtert wurden, so brauche ich auf diese Versuche wohl nicht mehr einzugehen; ebenso darf ich mich wohl einer jeden Polemik enthalten gegen die Einführung eines besonderen »elektrischen« Widerstandes, den jeder der Zweige außer seinem galvanischen Widerstand nach besitzen soll. (S. Knochenhauer a. a. O. S. 660.)

nach meiner Berechnung bei einem zu $6^{\text{mm}},756$ angenommenen Abstand ¹⁾)

46,50.

Für die erste Form, die $33^{\text{m}},532$ »gestreckten Drahtes«, die Constante zu bilden, hat jedoch weit größere Schwierigkeit. Knochenhauer setzt freilich ohne Weiteres die Constante einfach gleich $\log \frac{L}{\alpha}$, wo L die Länge und α der Radius des Drahtes ist, also hier gleich

$$\log \frac{33,532}{0,592}$$

und findet darnach das gesuchte Verhältniß

1 : 4,23.

So einfach liegen indessen die Sachen nicht; es bedarf vielmehr einer sorgfältigen Ueberlegung, welche Form wohl dem »gestreckten Draht« entsprechen möge, und welche Vernachlässigungen bei der Bildung des Ausdrucks erlaubt sind. Die von Kirchhoff gegebene Formel

$$\frac{8}{c^2} \cdot 2L \log \frac{L}{\alpha}$$

(oder wie oben $\log \frac{L}{\alpha}$, mit Weglassung des Factors $\frac{8}{c^2} \cdot 2L$)

für die elektrodynamische Constante eines Drahtes von der Länge L und dem Radius α bezieht sich zunächst auf Werthe von L und α , für welche $\log \frac{L}{\alpha}$ gegen die Einheit eine sehr große Zahl ist. Diefs trifft in unserem Falle nicht zu; wir würden daher schon mit größerer Annäherung die elektrodynamische Constante des »gestreckten Drahtes« erhalten, wenn wir die von Kirchhoff, diese Annalen Bd. 100, S. 200 zu Ende vernachlässigte Zahl — 1 dem Logarithmus addiren, allein es kann in unserem Falle von einem geraden Drahte überhaupt nicht die Rede seyn.

Es ist leicht einzusehen, dafs, wenn in einem Zweige eine Inductionsrolle (von immerhin geringer Ausdehnung) *cet. par.* durch einen »gestreckten Draht« ersetzt wird, oder

1) Es ist der Abstand, welchen ich früher an den von Knochenhauer mir zugesandten Rollen gemessen hatte.

wenn von zwei Zweigen der eine aus einer Inductionsrolle, der andere aus einem »gestreckten Drahte« besteht, die Enden dieses »gestreckten Drahtes« in keiner gröfseren Entfernung von einander seyn können, als die Enden der Inductionsrolle. Man könnte daher für die elektrodynamische Constante des 33^m,352 »gestreckten Drahtes« näherungsweise die Formel anwenden wollen, welche Kirchhoff für einen kreisförmigen, oder etwa für einen, in Form eines Quadrates aufgespannten Draht, gegeben hat; allein auch diess würde nicht statthaft seyn, weil Knochenhauer die 33^m,532 Draht gar nicht direct in »gestreckter« Form mit der Spiralforn verglichen hat, sondern als Maafs für die »aequivalente Länge«, die Länge eines Drahtes von »höchstens 20 bis 30 Fufs« gebraucht, hiermit andere Spiralen bestimmt, und erst, mit Anwendung dieser Hülffspiralen, die »aequivalente Länge« unserer aus den 33^m,532 Draht gewickelten Spirale ermittelt hat.

Wir werden daher, um auf das Experiment gehörige Rücksicht zu nehmen, uns die 33^m,532 in einzelne Theile zerlegt denken, die elektrodynamische Constante für jeden Theil nach einer für das Experiment wahrscheinlichen Form suchen, und aus der Summe ¹⁾ der so erhaltenen Werthe, mit dem oben angegebenen Werthe für die Spirale, das gesuchte Verhältnifs bilden müssen. Die Zahlen, welche die Ausführung dieser Operationen für das gesuchte Verhältnifs liefert, sind:

1) wenn wir den 33^m,532 langen Draht uns in vier gleiche Theile zerlegt denken,

a) bei Annahme der Kreisform,

1 : 5,78,

b) bei Annahme der Quadratform,

1 : 6,07;

2) wenn wir uns den bereffenden Draht in fünf gleiche Theile zerlegt denken,

1) Die einzelnen Theile sind in derjenigen gegenseitigen Lage gedacht, wo es gestattet ist, die Induction je zweier aufeinander zu vernachlässigen, gegen die Induction jedes einzelnen auf sich selbst.

- a) bei Annahme der Kreisform,
 $1 : 5,93,$
 b) bei Annahme der Quadratform,
 $1 : 6,26.$

Nähern sich diese Zahlen schon bedeutend dem von Knochenhauer durch den Versuch gefundenen Verhältniss ($1 : 6,73$) der »aequivalenten Längen«, so ist noch zu bedenken, dass weder eine besonders angenäherte Kreis- noch eine dergl. Quadratform für Knochenhauer's Experimente wahrscheinlich ist, dass aber, wie eine einfache Ueberlegung ergibt, eine Abweichung von dieser Form, wodurch zwei von demselben Strome gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung durchflossene Leitertheile einander näher gebracht werden, in jedem der beiden Fälle eine weitere Verkleinerung der Zahl mit sich bringt, welche wir für die elektrodynamische Constante des $33^m,532$ langen Drahtes in »gestreckter« Form zu setzen haben, woraus eine weitere Annäherung des gesuchten Verhältnisses an das von Knochenhauer gefundene resultirt. Erinnert man sich an die nur mässige Feinheit der Beobachtungen mit dem Luftthermometer überhaupt, und berücksichtigt ferner, dass bei gänzlicher Unkenntniss der Figur, welche der Schliessungsbogen beschreibt, nicht zu wissen ist, ob nicht noch wesentliche Einwirkungen von anderen Theilen des Schliessungsbogens auf die 20 bis 30 Fufs Draht, womit die Rollen verglichen wurden, stattgefunden haben, so kann man in der That nur überrascht seyn, dass es möglich war, bis zu solcher Annäherung Beobachtung und Theorie in Einklang zu bringen.

Die Beobachtungen von Knochenhauer S. 453 a. a. O. sind ebenfalls vollständig conform mit der Theorie; sie zeigen, wenn auch natürlich nur mit einer Genauigkeit, wie sie der Art des Experimentes entspricht, dass man die »aequivalente Länge« eines Drahtsystems constant findet, wenn man mit gut leitenden Zweigen eines gut leitenden Schliessungsbogens experimentirt, und die eine der entwickelten

Wärmemengen an den identischen Prüfungsstellen nicht sehr klein wird gegen die andere.

Die darauf folgenden Beobachtungsreihen (No. 2 bis 7) mit langem und dünnem Platindraht in einem Zweige, gehören in diejenige Kategorie, wo die von Knochenhauer bestimmte »aequivalente Länge« dieses Zweiges, keine physikalische Constante ist, wo sie vielmehr eine complicirte Function verschiedener Bedingungen des Experimentes bildet: — eine aus der Beobachtung abgeleitete Zahl, die zu kennen in der Regel kein weiteres Interesse hat. Dafs die Veränderung dieser Zahl, welche Knochenhauer merkwürdiger Weise auch hier noch »aequivalente Länge« nennt, obgleich er das Unzutreffende dieser Benennung eingesteht ¹⁾, in demselben Sinne erfolgt, wie die Theorie es verlangt, geht schon aus früheren Versuchen Knochenhauer's hervor, und ist schon in meiner Abhandlung »Ueber die Theorie der Stromverzweigung etc.« besprochen. So interessant es auch wäre, eine wirkliche Berechnung der Versuche anzustellen, um zu sehen, ob ähnliche Verschiedenheiten zwischen den Zahlen der Theorie und des Experimentes stattfinden, wie sie Kirchhoff früher für meine Beobachtungen der Oscillationsdauer gefunden hat, so mufs man doch mit den von Knochenhauer gegebenen Daten darauf verzichten.

Seite 457 und 458 theilt Knochenhauer einige Versuche mit, welche aus schon angeführten Gründen (s. Anm. S. 642) nicht hierher gehören.

Seite 459 bis 460 zur Hälfte, sind Versuche mitgetheilt, welche das, übrigens schon früher bestätigte Resultat der Theorie, dafs die am Ende einer Entladung durch die einzelnen Zweige schliesslich entwichenen Elektricitätsmengen sich umgekehrt verhalten wie die galvanischen Widerstände dieser Zweige, auf's Neue bestätigen.

1) Seite 455 sagt Knochenhauer: »die strenge Bedeutung von *aequivalent* läfst sich in diesem Fall überhaupt nicht feststellen, insofern sie aussagt, dafs eine Drahtverbindung für einen Kupferdraht in gestreckter Form, abgesehen vom Widerstand, substituirt werden kann, ohne die ganze Art und Weise der Batterieentladung zu ändern.«

Die auf Seite 460 bis 461 sowie in der Fortsetzung S. 655 bis 660 angeführten Galvanometerbeobachtungen zeigen, daß dasselbe Verhalten noch stattfindet, wenn in einem Zweige namhafte Magnetisirungen weichen Eisens durch die Entladung hervorgebracht werden: ein bemerkenswerthes Resultat des Versuchs, aber, insofern bei Entwicklung der Theorie dieser Fall ausgeschlossen wurde, nicht hierher gehörig. Ebenso wenig die auf denselben Seiten angeführten Thermometerbeobachtungen. Es folgt also auch nicht im Entferntesten daraus, daß die Theorie (wie Knochenhauer S. 660 meint) »nicht mit den durch die Versuche gegebenen Thatsachen übereinstimme.«

Noch weniger als die letzten Beobachtungen, steht das auf S. 661 bis 664 Vorgebrachte, in irgend einer Beziehung zu meiner theoretischen Untersuchung über die Stromverzweigung; nirgends findet sich in dieser Untersuchung der Fall behandelt, wo in einem Zweige eine Unterbrechung der Leitung stattfindet, nirgends der Fall, wo der Hauptbatterie eine Nebenbatterie beigeordnet ist. Es soll damit nicht gesagt seyn, daß sich die mathematische Theorie der Elektrizität nicht auch auf diese Fälle anwenden liesse; allein die von mir aufgestellten Formeln beziehen sich nicht darauf; man darf sich daher auch nicht wundern, daß diese Formeln die, durch derartige Versuche gefundenen »Thatsachen nicht ausdrücken.«

Auf Seite 666 folgt die Ausführung einer Integration; dieselbe würde mich nicht befremden, wenn es sich hier um die Entwicklung der Theorie handelte, oder wenn eine Formel gewonnen würde, die sich in besserer Weise auf die vorliegenden Versuche anwenden liesse; da aber Beides nicht der Fall ist, so darf ich auch die daran geknüpften, mir zum Theil unverständlichen Betrachtungen mit Stillschweigen übergehen.

Das, was nun bis Seite 672 folgt, ist im Wesentlichen ein Versuch, die auf S. 454 u. f. angeführten, mit einem dünnen Platindraht angestellten Beobachtungen, mit der von mir in der mehrfach genannten Abhandlung gegebenen For-

mel (bogen-
risch
eigne
statte
über

S
des Z

$\frac{1}{4} \sqrt{\frac{\rho}{\sigma}}$

die
im S
galva
kürli

S
Ann
syste
gut

1)

L

le

se

2)

v

C

n

P

b

t

s

a

f

h

h

mel (für die Erwärmung in den Zweigen eines Schließungsbogens durch eine oscillatorische Batterieentladung) numerisch zu vergleichen. Dafs die Versuche sich dazu nicht eignen, habe ich schon oben gesagt, doch möge es mir gestattet seyn, zu zeigen, wie oberflächlich der Verfasser sich über die Schwierigkeiten hinweggeholfen hat.

Seite 667 macht er die Annahme, dafs der Widerstand des Zweigsystems bei der oscillatorischen Entladung gleich $\frac{1}{4} \frac{(\sqrt{\rho_1} + \sqrt{\rho_2})^2}{\rho} \cdot (\omega_1 + \omega_2)$ gesetzt werden könne, wo ϑ , ϑ_1 , ϑ_2 die Erwärmungen an identischen Prüfungsstellen respective im Stamm und in den Zweigen I und II, ω_1 und ω_2 die galvanischen Widerstände der Zweige sind: — eine willkürliche Annahme, die durch Nichts begründet wird.

Seite 667 bis 671 ¹⁾ macht er die ebenfalls willkürliche Annahme, dafs die elektrodynamische Constante des Zweigsystems gleich der halben elektrodynamischen Constante des gut leitenden Zweiges gesetzt werden könne ²⁾.

- 1) Dafs Knochenhauer hier, wie an andern Orten, öfters einfach von Länge spricht, wenn er »aequivalente Länge« meint, gehört zu den vielen Ungenauigkeiten im Ausdruck, die seine Auseinandersetzungen nicht selten ganz unverständlich machen.
- 2) Aus Gleichung (1) und (2), diese Annalen Bd. 130, S. 441 folgt:

$$w, i_1 + a, \frac{di_1}{dt} = wi + a \frac{di}{dt}$$

wo w und a respective den Widerstand und die elektrodynamische Constante des Zweigsystemes (dasselbe als Ganzes genommen) bezeichnen, die übrigen Buchstaben aber die dort angegebene Bedeutung haben. Findet eine oscillatorische Entladung statt, so kann man die in derselben Abhandlung zu findenden Werthe von i_1 , $\frac{di_1}{dt}$, i und $\frac{di}{dt}$ als Functionen von t einsetzen und erhält eine Gleichung, welche für alle Werthe von t gelten mufs. Setzen wir $t=0$ und schreiben $A_0 + a$ statt A , wobei A_0 die elektrodynamische Constante des *Schließungsbogens ohne das Zweigsystem* bedeutet, so erhalten wir durch Reduction

$$a = \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2}$$

als *allgemein gültig für eine oscillatorische Entladung*. Es bezeichnen hier, wie wohl kaum zu erwähnen nöthig, a_1 und a_2 die elektrodynamischen Constanten der einzelnen Zweige.

Auf Seite 671 bespricht er eine dritte Schwierigkeit, nämlich die Umwandlung der »aequivalenten Länge« in die elektrodynamische Constante. Schon oben auf Seite 643 bis 645 habe ich ausführlich besprochen, daß für den »gestreckten Draht«, durch dessen Länge die »aequivalente Länge« der gebrauchten Inductionsrollen gemessen wird, die elektrodynamische Constante nicht in der Weise berechnet werden darf, als wäre er ein geradliniger Draht von unendlich kleinem Durchmesser.

Die auf Seite 454 Anm. 3 von Knochenhauer gemachte und hier auf S. 672 benutzte Angabe, daß ein 5 Fuß langer, auf eine enge Glasröhre gewickelter Kupferdraht eine seiner natürlichen gleiche »aequivalente« Länge habe, ist ungenügend, weil man von den Fehlergränzen des Versuches, der zu diesem Schlusse geführt, keine bestimmte Vorstellung hat.

Ob die Berechnung der absoluten Widerstände des Schließungsbogens und seiner einzelnen Theile ohne directe Vergleichung mit einem absoluten Normalwiderstande, hinreichend genaue Zahlen liefern könne, will ich dahingestellt seyn lassen; jedenfalls möchte ich aber hier darauf aufmerksam machen, daß bei Berechnung der Erwärmung nach $\int i^2 dt$ die fehlerhaften Werthe aus i im Allgemeinen in quadratischer Form im Resultat erscheinen.

Es erweist sich also die Ermittlung der Constanten bei dem Versuche Knochenhauer's, die Theorie mit der Erfahrung zu vergleichen, als vollkommen ungenügend; doch nicht diess allein; ich vermisze in der Abhandlung noch die Besprechung eines anderen wesentlichen Punktes. Bei Entwicklung der Formeln für die Stromstärke in jedem der beiden Zweige eines verzweigten Schließungsbogens machte ich die Voraussetzung, daß die Inductionswirkungen der beiden Zweige auf einander, so wie auf die Stammleitung, gegen die Inductionen, welche jedes einzelne Glied auf sich selbst ausübt, vernachlässigt werden könnten; dieser Vor-

ausse
mit
des

IX.
flüs

F
Beo
in e
ein
sige
reich
aber
das
säch
Inge

dab
thür
von
ist
pre
stan
dop
den
gen
des
dur
sind
sich

aussetzung wird in der Knochenhauer'schen Abhandlung mit keiner Silbe gedacht und auch aus der Beschreibung des Versuches ist nicht ersichtlich, ob sie erfüllt war.

IX. Ueber das Schwimmen des festen Eisens auf flüssigem; nebst Bemerkung über den Trèves'schen Versuch;
von Dr. L. Overzier in Cöln.

Festes Eisen schwimmt auf flüssigem; es ist dieß eine Beobachtung, die Jeder leicht anstellen kann, wenn er nur in eine Eisengießerei sich begeben, und zur Zeit des Gusses ein Stück schon erkaltetes, festes Eisen auf die noch flüssige Masse werfen will. Die Thatsache steht fest; eine hinreichende, alle Entgegnung beseitigende Erklärung wurde aber bis jetzt meines Wissens noch nicht gegeben, obgleich das Problem schon in mehreren Hauptversammlungen des sächsischen Ingenieur-Vereins und des Vereins deutscher Ingenieure zur Besprechung vorlag.

Es liegt sehr nahe, zunächst an die allgemein bekannte, dabei für den Haushalt der Natur so überaus wichtige Eigenthümlichkeit des Wassers zu denken, demgemäß dasselbe von 3° R. auf- und abwärts an Dichte abnimmt, und zwar ist nach übereinstimmenden Versuchen von Dufour, Despretz, Kopp und Duvernoy die Ausdehnung vom Zustande seiner größten Dichte bis zum Gefrierpunkte fast doppelt so groß, als die bis zur Siedhitze. Gefäße, in denen Wasser gefriert, selbst starke eiserne Bomben, springen, Baumstämme platzen bei großer Kälte. Die Lockerung des Bodens durch Ausfrieren, die Zersprengung von Felsen durch Erstarren des Wassers in den Spalten und Rissen etc. sind nur Folgen der unwiderstehlichen Kraft, mit welcher sich jene Ausdehnung vollzieht. Uebrigens steht das Was-

ser in dieser Hinsicht nicht vereinzelt da. Das Rose'sche, aus 2 Theilen Wismuth, 1 Theil Blei und 1 Theil Zinn bestehende Metallgemisch dehnt sich nur bis zur Temperatur von $35^{\circ},3$ R. stufenweise aus, zieht sich dann bei weiterer Erwärmung rasch zusammen und erreicht bei $55^{\circ},2$ R. seine größte Dichtigkeit. Aehnlich verhält sich absoluter Alkohol, welcher nach Versuchen von Tralles seine größte Dichte bei $-89^{\circ},5$ C. erreicht, bei noch niedrigerer Temperatur sich jedoch wieder ausdehnt. Recknagel untersuchte den Einfluss, den ein Zusatz von Alkohol auf das Erstarren des Wassers ausübt. Er fand die Intervalle für die Ausdehnung des wasserhaltigen Weingeistes größer als beim Wasser, während sie bei Salzlösungen bekanntlich geringer sind. Auch Wismuth dehnt sich beim Erstarren stark aus, wahrscheinlich auch Antimon. Der Grund dieser Erscheinung ist wohl darin zu suchen, daß die Massetheilchen bei ihrer mit dem Dichtigkeitspunkte beginnenden Neigung sich zur krystallinischen Structur zu ordnen, sich wahrscheinlich nach gewissen Richtungen hin anziehen, nach anderen abstossen und so von dem Zustande gleichförmiger Anziehung, welcher die Kugelform bedingt, sich entfernen. Die Beobachtungen von Savart, denen gemäß das Wasser im Zustande seiner größten Dichtigkeit das Maximum, unmittelbar darauf, bei $+1$ bis $+2^{\circ}$ C. das Minimum seiner Zähigkeit besitzt, und dieselbe dann bis 0° wieder zunimmt, deuten darauf hin, daß, wie Savart bemerkt, die Wassertheilchen während dieses Ueberganges aus dem flüssigen in den festen Zustand um ihren Schwerpunkt sich drehen, indem sie hierbei vorübergehend in eine solche Lage gerathen, daß sie sich untereinander in einem Zustande schwankenden Gleichgewichtes befinden, und können um so weniger befremden, wenn man berücksichtigt, daß die Krystallform des Eises höchst wahrscheinlich eine hexagonale Säule ist.

Wenn Meister, gestützt auf einen, in dies. Ann. Bd. 104, S. 657 mitgetheilten Versuch, das Vorhandenseyn von Luftbläschen als Ursache des geringeren specifischen Gewichtes des Eises annehmen möchte, so dürfte bei den entsprechen-

den
sche
Wass
hin
seyn.
weich
nach
druck
Ausd
unter
A
sich
relati
flüssi
genau
flüssi
noch
stand
stes
flüssi
halb
I
lectil
neren
Fein
speci
ein
Schw
Soba
das
And
nen
emp
A
lich
mir
fehlt

den Beobachtungen von C. Brunner, welcher das specifische Gewicht selbst des luftfreien Eises geringer als das des Wassers fand, jedenfalls der aus dem Meister'schen, immerhin interessanten Versuche gezogene Schluss ein verfehlter seyn. Die Eismasse sinkt unter, nicht weil sie durch Entweichen der Luft schwerer wird, sondern weil das Wasser nach Verringerung des auf ihm lastenden Atmosphärendruckes sich ausdehnt, also specifisch leichter wird, eine Ausdehnung, der die feste Eismasse nicht in gleicher Weise unterliegt.

Anders verhält es sich dagegen bei Gufseisen. Es läßt sich nachweisen, daß kaltes festes Eisen dichter und daher relativ schwerer ist als flüssiges. Man weiß ferner, daß das flüssige Eisen die Formen, in welche es gegossen wird, sehr genau ausfüllt. In Folge der großen Zusammenziehung der flüssigen Masse beim Erstarren muß dabei das Modell immer noch um ein Gewisses größer seyn als der eiserne Gegenstand, welcher durch den Guß erhalten werden soll. Festes Eisen nimmt ein geringeres Volumen ein, als eine gleiche flüssige Masse, müßte also in derselben untersinken. Weshalb schwimmt es?

Der Hinweis auf den innigeren Zusammenhang der Molecule an der Oberfläche einer Flüssigkeit, als in ihren Inneren zeigt sich schon auf den ersten Blick als unhaltbar. Feine Nähnadeln, Erdtheile usw. schwimmen freilich auf specifisch leichterem Wasser, indem sie die Oberfläche wie ein leicht gespanntes Häutchen eindrücken. Aber dieses Schwimmen dauert nur so lange, als sie nicht übernetzt sind. Sobald sie nafs geworden sind, mit andern Worten, sobald das Häutchen durchbrochen ist, sinken sie sehr rasch unter. Anders verhält es sich beim festen Eisen, indem die einzelnen selbst niedergetauchten Stücke mit einer gewissen Kraft emporschnellen.

Als Ursache dieses Schwimmens lassen sich drei Möglichkeiten annehmen, deren Realität näher zu untersuchen mir jedoch augenblicklich Gelegenheit und Instrumente fehlten.

Man könnte zunächst darauf hinweisen, daß auch Eis bei fortgesetztem Erkalten sich zwar noch immer ausdehnt, dann aber sich rasch zusammenzieht. Es bekommt Spalten und Risse. Umgekehrt stellen sich auf weiten Eisflächen, wenn nach anhaltender Kälte das Wetter wärmer wird, die Schollen wie Kartenhäuser auf und schieben sich oft an 6 Fuß und noch mehr über das Ufer hinaus. Auch der Alkohol, wenn er über $-89^{\circ},5$ C. erkaltet wird, nimmt wieder schnell an Dichte zu. So könnte denn auch das erstarrte Eisen, wenn auch anfangs namentlich, so lange es im Contacte mit der heißflüssigen Masse seinem Schmelzpunkte sich noch sehr nahe befindet, in der That specifisch leichter seyn, als das flüssige Eisen, daher schwimmen; bei fortgesetztem Erkalten dagegen in Folge der fortschreitenden Zusammenziehung wieder specifisch schwerer als die noch flüssige Masse werden. Mehrere Anzeichen sprechen für diese Erklärung.

Es ist bekannt, daß Eisen- und Zinkgüsse sich durch grofse Schärfe und Sauberkeit auszeichnen, weniger die von Messing und Tombak. Der Blei-Antimongufs zeigt dagegen wieder schöne Feinheit und Schärfe. Eine Erklärung des vorliegenden Abkühlungsprocesses müßte füglich drei Perioden unterscheiden.

Nach dem Füllen der Form giebt zunächst das eingegossene Metall denjenigen Theil seiner Wärme, durch welchen es über den Schmelzpunkt erhitzt wurde, theils an die Form, theils an die Luft ab. Um daher eine zu schnelle Abkühlung zu vermeiden, wodurch bei der zunehmenden Zähigkeit der Masse die Schärfe des Gusses leiden würde, muß die Form zuvor hinreichend erwärmt werden. Bis zum Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand hat erstens die Form an Ausdehnung gewonnen, zweitens die eingegossene Masse eine bestimmte Zusammenziehung erfahren. Im Momente des Erstarrens nimmt jedoch in Folge der neuen Anordnung der kleinsten Theilchen das Volumen der eingeschlossenen Masse zu, so daß das Metall mit einer gewissen Kraft in die feinsten Vertiefungen der Form sich hineinpreßt. Daher die bei Eisen-, Zink-, und Antimongüssen so ausgezeichnete

Schärfe
der F
auf di
durch
Wärme
wäre
Zusan
zuglei
Wism
rungs
erstar
wiede
wird
nung
her d
erfor
Doch
talles
wobei
Gusse
dem
des je
leitun
ihren
V
Man
noch
analo
unter
men,
anger
Wär
lassen
leich
ein d
Man
Con

Schärfe der Abdrücke. Die allmähliche Zusammenziehung der Form beim Erkalten und der Druck, welcher dadurch auf die eingeschlossene Masse ausgeübt wird, dürfte vielleicht durch die im Augenblicke des Erstarrens frei werdende Wärme paralysirt werden. Zum Erzielen sauberer Güsse wäre demnach nicht nur die Ausdehnung der Form und die Zusammenziehung der Masse ins Auge zu fassen, sondern zugleich ein Zusatz solcher Metalle anzurathen, welche wie Wismuth, Antimon eine im Momente des Erstarrens erfahrungsgemäfs starke Ausdehnung besitzen. Beim Erkalten des erstarrten Stückes bis zur Temperatur der Atmosphäre tritt wieder Zusammenziehung ein, welche oft sehr beträchtlich wird und die im Erstarrungsmomente eingetretene Ausdehnung weit überragt. Der Modelleur oder Former mufs daher die Stärke dieses Schwindens genau kennen, um die erforderliche Gröfse der Form beurtheilen zu können. Doch variirt der Betrag ungemein nach der Natur des Metalles und nach besonderen Umständen in einzelnen Fällen, wobei voraussichtlich nicht nur die Gestalt und Gröfse des Gufsstückes, der Grad der Ueberhitzung des Metalles vor dem Eingiefsen in die Form, sondern auch die Ausdehnung des jedesmaligen Metalles beim Erstarren, sowie die Wärmeleitungsfähigkeit und der Ausdehnungscoefficient der Form ihren Einflufs geltend machen.

Versuche an Ort und Stelle müssen das Nähere ergeben. Man bringe ein Handstück schon erkalteten Eisens auf die noch flüssige Masse. Dasselbe müfste, wenn ein dem Eise analoges Verhalten Grund des Schwimmens wäre, anfangs untersinken, und erst dann wieder an die Oberfläche kommen, wenn es eine dem Schmelzpunkte nahe Temperatur angenommen hat. Bei der Leitungsfähigkeit, welche Eisen für Wärme besitzt, kann der Moment nicht lange auf sich warten lassen. Die Eisenmasse mufs emporschnellen. Folgender, leicht anzustellende Versuch dürfte vielleicht die Frage über ein dem Eise analoges Verhalten zur Entscheidung bringen. Man fülle ein Platingefäfs mit geschmolzenem Eisen; im Contacte mit dem heifsflüssigen Inhalte wird sich dasselbe

ausdehnen. Um eine genaue Füllung zu erzielen, gieße man das Nöthige zu und verschließe sorgfältig. Beim Erkalten des Ganzen muß, wenn beim Erstarren des flüssigen Eisens eine Zunahme des Volumens eintritt, das Gefäß springen, um so mehr, als das Platin sich gleichzeitig zusammenzieht. Im anderen Falle würde ein Reißen der Gefäßwände nur dann eintreten, wenn das Platin sich stärker wie Eisen zusammenziehen sollte, was aber für eine Temperaturverminderung von 100° auf 0° C. erfahrungsgemäß nicht der Fall ist.

Wie aber, wenn das auf die flüssige Masse gebrachte Stück festen Eisens, obgleich specifisch schwerer, ohne erst unterzutauchen, auf der Oberfläche schwimmen sollte? Obige Erklärung würde in diesem Falle unzureichend seyn. Man könnte geneigt seyn, im ersten Augenblicke an die tragende Kraft eingeschlossener Gase zu denken. Kupfer und Silber zeigen bekanntlich nach dem Erstarren eine blasige Structur. Nach Dick, Russell und Matthiessen wäre dieselbe jedoch keineswegs Folge absorbirter Gase, sondern durch Reduction des Kupferoxyduls durch Holzkohle zu erklären, welche mechanisch unter die Metallmasse gerissen wird durch die fortwährende Strömung, welche von der sich abkühlenden Oberfläche ausgeht. So lange das Ganze flüssig ist, scheidet sich Kohlenoxyd aus; so bald eine feste Kruste sich bildet, wird diese gehoben. Das während des Erstarrens sich bildende Kohlenoxyd bleibt, da es nicht entweichen kann, vertheilt in der Masse zurück, und ertheilt dem Kupfer jene blasige Structur. Beim Erkalten darf daher das geschmolzene Kupfer nicht einen Augenblick mit Sauerstoff in Berührung kommen. Es muß unter der Holzkohle erkalten und liefert dann einen dichten, festen Guß.

Anders verhält es sich beim Eisen. Hier ist das Ganze nach dem Erstarren unter sonst gleichen Umständen äußerst homogen und dicht. Uebrigens würde das Vorhandenseyn blasig aufgetriebener, mit Gasen angefüllter Räume *eo ipso* ein geringeres specifisches Gewicht bedingen. Das feste Stück ist aber von Hause aus specifisch schwerer als flüssi-

ges E
ström
gewi
strom
nicht
welch
men
seiner
weiter
hören

Al
therm
ville
nach
endos
hitzte
wie
leitet
dieser
des I
ähnlic
tigkei
eine
keiten
dring
doch
ein E
pfahl
oxyd
wend
men
zu er
tacte
und
E
ist so
Pog

ges Eisen, und dennoch schwimmt es. Aber beim Erhitzen strömen die eingesperrten Gase und Wasserdämpfe mit einer gewissen Kraft aus. Könnte man nun nicht diesem Gasstrom die tragende Kraft zuschreiben? Warum treten denn nicht ähnliche Erscheinungen auch bei anderen Körpern ein, welche nachweisbar noch weit mehr Gase in sich aufgenommen haben. Uebrigens fängt das feste Eisen sehr bald an seiner Oberfläche zu schmelzen an. Dennoch schwimmt es weiter. Die Tragkraft der Gase müßte doch mit dem Aufhören des Ausströmens ebenfalls erlöschen.

Aber das Eisen zeigt sich bei höherer Temperatur sehr theermeabel für Gase. Versuche von Sainte-Claire Deville und Troost ergaben, daß Wasserstoff und Stickstoff, nach neueren Versuchen auch Kohlenoxyd, vermöge der endosmotischen Zugkraft der Metalltheilchen durch eine erhitze Eisenmasse hindurchgehen. Dieselbe wirkt gleichsam wie eine Pumpe, welche die Gase einsaugt und nach Außen leitet. Es ist daher sogar sehr wahrscheinlich, daß bei diesem endosmotischen Einsaugen der Gase das Volumen des Eisens eine Ausdehnung erfährt und zwar mit einer ähnlichen Kraft, mit welcher capillares Eindringen von Feuchtigkeit in dünnes Holz erfolgt. Wir hätten demnach nur eine Ausdehnung der Erscheinungen bei tropfbaren Flüssigkeiten auf gasförmige. Wenn auch die Kraft dieses Eindringens bisher keine practische Verwerthung fand, so doch die Thatsache selbst, indem Sainte-Claire Deville ein Eisenrohr in einem Ofen als das wirksamste Mittel empfahl, um die sich entwickelnden Wasserstoff- und Kohlenoxydgase zu entfernen. In Folge dieser mit innerer Nothwendigkeit erfolgenden Volumenzunahme wäre das Schwimmen leicht zu erklären. Es würden daher, um Gewissheit zu erlangen, solche festen Stücke nach einem längeren Contacte mit der heissflüssigen Masse auf specifisches Gewicht und aufgenommene Gase zu untersuchen seyn.

Eine dritte Möglichkeit bliebe noch zu besprechen. Es ist so gut wie gewiß, daß jede Strömung des molecularen

Gleichgewichtes an einem Körper Elektricität hervorruft. Berücksichtigen wir, daß durch Berührung ungleichartiger Moleculé, daß Temperaturdifferenzen selbst eines und desselben Metalles (Stoffes?), daß Druck und Stofs und im entgegengesetzten Sinne Spaltung und Trennung, daß selbst endosmotisches Eindringen von Gasen und Flüssigkeiten in poröse Stoffe, daß chemische Verbindung und Scheidung, daß Lichtstrahlen und Schallwellen als ebenso viele Elektricitätsquellen sich kund geben, so gewinnt die Vermuthung große Wahrscheinlichkeit, daß Elektricität nur eine Bewegungserscheinung und daher nur als eine Umwandlung der jedesmaligen Bewegungsform in die specielle der Elektricität aufzufassen sey ¹⁾. Doch sey dem, wie ihm wolle, wir haben in unserem Falle die verschiedensten Elektricitätsquellen mit einander und auf einander wirkend. Mögen die durch Contact oder, wenn man will, durch chemische Action erzeugten elektrischen Ströme (fein zertheilte, innig an einander liegende Kohlen- und Eisentheilchen bilden, Gase durchziehen die Masse) ungerichtet seyn, die thermoelektrischen Ströme, welche in Folge der Temperaturdifferenz zwischen den heißflüssigen und noch festen kälteren Metalltheilchen in bestimmtem Sinne die Masse durchziehen, wirken richtend auf die Gesammtheit. Welche Schlüsse lassen sich hieraus auf das Schwimmen der Eisenmasse ziehen? Die Theile eines und desselben geradlinigen Stromes stoßen einander ab. Füllt man nämlich eine durch eine Scheidewand in zwei Abtheilungen getrennte Wanne mit Quecksilber und läßt in beiden Abtheilungen mit Seide überzogene Kupferdrähte schwimmen, welche an dem einen Ende durch einen die Scheidewand überbrückenden Bogen verbunden sind, werden dann die von den Polen einer Kette kommenden Drähte in den Verlängerungen der Arme in die Abtheilungen einge-

1) Ein näheres Eingehen auf die hier ausgesprochene Ansicht, wobei das Auftreten sog. positiver und negativer Elektricität, die verschiedene Natur des elektrischen Lichtes, die Gesetze elektrischer Spannung eine eingehende Betrachtung finden sollen, sey einem späteren Aufsatze vorbehalten.

taucht, so schwimmt der Kupferdraht auf dem Quecksilberfortgleitend zurück. Dasselbe findet in unserem Falle statt. Auch hier stoßen sich die einzelnen Theilchen desselben Stromes ab. Die Wirkung der an beiden Polen erfolgenden Abstossung äußert sich nach oben, wohin die feste Masse entweichen kann; sie wird daher durch die repulsirende Kraft sowohl an den + als — Enden getragen. Wenn aber nicht bei allen Körpern in ähnlichen Fällen dieselbe Erscheinung auftritt, so müssen wir bedenken, daß die Richtung und Stärke der erregten Ströme von der Natur der jedesmaligen Substanz abhängt, daß die elektrische Abstossung je nachdem von der größeren specifischen Schwere überwunden wird. Wir wissen zudem, daß durch elektrische Strömung die Leiter magnetisch werden, und Eisen das *κατ' ἐξοχήν* magnetische Metall ist. Auch hat der Trèves'sche Versuch ¹⁾ gezeigt, daß eine Gufsmasse von ihrem, einer Temperatur von 1300° entsprechenden flüssigen Zustande bis zur vollständigen Erkaltung stark magnetisch seyn kann. Doch blieben vielleicht in Betreff eines Punktes Zweifel. Daß in Folge der erkannten Ursachen elektrische Differenzen entstehen, ist gewiß; ob dieselben aber durch Strömung sich ausgleichen, darüber könnte man bei der nahen Aneinanderlagerung der Moleküle Scrupel empfinden. Wird aber nicht eine im Kreise aufgeführte Zamboni'sche Säule ebenso gut Ströme zeigen, als wenn die entgegengesetzt erregten Platten durch einen leitenden Draht verbunden sind? Zeigt nicht ein Wismuthring an einer Stelle erhitzt, einen Strom an? Verengen wir den Kreis bis zur Aneinanderlagerung der Theilchen, so sind wir zwar nicht mehr im Stande ein Galvanometer einzuschalten, wenn wir nicht wieder einen Kreis construiren wollen, doch die gerichteten Ströme bleiben in ihrer inneren Wirkung dieselben. Aber selbst im ungünstigsten Falle bleibt die elektrische Differenz, und die einzelnen Theile der offen gedachten Säule stoßen sich ebenso ab; daher das Schwimmen der festen Masse auf der

1) Ueber den Trèves'schen Versuch vergl. die Bemerkung am Schluß.

flüssigen. Doch scheint mir das Vorhandenseyn von Strömen wahrscheinlicher, indem die elektrische Erregung gerade bei der nahen Aneinanderlagerung der Molecüle eine stetige Ausgleichung, die fortdauernde Erwärmung bis zum Schmelzen eine stetige Erregung bedingt.

Welcher von diesen drei Fällen Realität beanspruche, ob sie nicht alle drei zusammenwirkend das Schwimmen hervorbringen, darüber müssen Untersuchungen an Ort und Stelle unterscheiden. Mir fehlten dazu Gelegenheit und Instrumente.

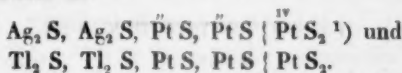
Bemerkung über den Trèves'schen Versuch.

Das Resultat des Trèves'schen Versuches darf wohl als sicher angesehen werden. Ebenso gewiss ist es jedoch, daß ein Magnet durch Erwärmen an Magnetismus verliert. Wie ist dieser scheinbare Widerspruch zu lösen? Durch Annahme thermo-elektrischer Ströme. Nach Peltier's Entdeckung entsteht, wenn durch zusammengelöthete Metalle ein Volta'scher Strom geleitet wird, Erwärmung oder Erkaltung, je nachdem die Richtung dieses Stromes entgegengesetzt oder einerlei ist mit der Richtung jenes thermo-elektrischen Stromes, der durch Erwärmen der betreffenden Löthstelle entsteht. Jeder Volta'sche Strom, welcher einen aus zwei verschiedenen Metallen zusammengesetzten Bogen durchzieht, wird daher *eo ipso* in diesem einen thermo-elektrischen Strom entgegengesetzter Richtung erzeugen, welcher schwächend auf den ersten wirkt. Bei künstlich hervorgerufener Erwärmung wird dieser letztere noch verstärkt, und so bei hinreichender Erwärmung der erstere in seiner Wirkung aufgehoben. Beim Erkalten entstehen hingegen thermo-elektrische Ströme derselben Richtung, wie der Volta'sche. Es wird dadurch also nicht nur der natürliche thermo-elektrische aufgehoben, sondern noch die Wirkung des Volta'schen vermehrt.

X. Ueber neue Schwefelsalze; von R. Schneider.

(Vierte Abhandlung.)

Am Ende der letzten Abhandlung (s. d. Ann. Bd. 138, S. 604 bis 628) habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß das Dinatriumplatin-Sulfoplatinat mit überraschender Leichtigkeit den Austausch des Natriums gegen andere Metalle gestattet. An Verbindungen, die auf solche Weise aus der Natriumverbindung entstehen, wurden bereits beschrieben das Silberplatin-Sulfoplatinat und das Thalliumplatin-Sulfoplatinat, deren Zusammensetzung durch die folgenden Formeln ausgedrückt ist:



Ich lasse nun zunächst die Beschreibung einiger Verbindungen folgen, die derselben Reihe angehören, die aber an Stelle des Natriums zweiwerthige Metalle enthalten.

17. Kupferplatin-Sulfoplatinat.

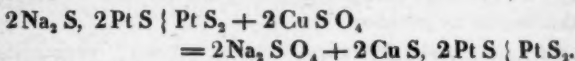
Diese Verbindung wird mit Leichtigkeit erhalten auf Zusatz einer verdünnten Kupfervitriollösung zu frisch bereitetem Dinatriumplatin-Sulfoplatinat bei möglichst abgehaltener Luft. Obschon dabei die rothen Krystalle sofort eine dunkel schwarzblaue Farbe annehmen, so bedarf es doch einer etwas längeren Einwirkung der Kupferlösung, ehe das Natrium bis auf den letzten Rest durch Kupfer verdrängt ist. Nach einiger Zeit filtrirt man die Krystalle ab, wäscht

1) In die Formel dieser Silber-Verbindung hat sich in der vorigen Abhandlung (l. c. S. 625 Z. 5 von oben) ein bedauerlicher Druckfehler eingeschlichen: selbstverständlich muß es am Ende der Formel statt Pt_2 heißen PtS_2 .

Ein zweiter Druckfehler findet sich in derselben Abhandlung S. 606, wo es in der ersten der beiden eingerückten Formeln statt Cu_2S heißen muß: Cu_2S .

sie mit kaltem Wasser aus und trocknet sie bei gelinder Wärme im Wasserbade.

Die Bildung dieser Verbindung erfolgt im Sinne der Zeichen



Bei der Analyse derselben wurden folgende Resultate erhalten:

- 1) 0,570 Grm., durch Rösten an der Luft zersetzt, gaben 0,362 Grm. Platin und 0,100 Grm. Halb-Schwefelkupfer.
 - 2) 0,274 Grm., durch Schmelzen mit Kali und Salpeter zersetzt, gaben 0,410 Grm. schwefelsaures Baryum.
- Diese Zahlen stimmen ziemlich gut mit der Formel

		$\text{Cu S}, \text{Cu S}, \text{Pt S}, \text{Pt S} \{ \text{Pt S}_2.$	
		Berechnet	Gefunden
			I II
2 Cu =	127,0	13,93 Proc.	14,03 —
3 Pt =	592,2	64,99 "	63,51 —
6 S =	192,0	21,08 "	— 20,55.
	<u>911,2</u>	<u>100,00.</u>	

Diese Kupfer-Verbindung bildet ein Aggregat schwach glänzender, dunkelblaugrauer Krystallnadeln, die wahre Pseudomorphosen nach Dinatriumplatin-Sulfoplatinat sind. Dieselben sind bei gewöhnlicher Temperatur luftbeständig. Bei Luftzutritt erhitzt, verglimmen sie wie Zunder unter Ausstoßung von schwefliger Säure und Schwefelsäure zu einem schwarzgrauen Gemenge von metallischem Platin und Kupferoxyd.

An kochende Salzsäure und Salpetersäure geben sie unter partieller Zersetzung und mit Hinterlassung dunkel stahlgrauer Nadeln das Kupfer ab und selbst von kochendem Königswasser werden sie nur unvollständig zersetzt.

18. Bleiplatin-Sulfoplatinat.

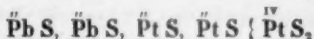
Wird auf ähnliche Weise erhalten wie die vorige Verbindung unter Anwendung einer verdünnten Lösung von

neutralem Bleinitrat. Nachdem die Krystallchen sich gleichmäßig dunkelschwarzgrau gefärbt haben, werden sie mit kaltem Wasser ausgewaschen. Hierbei scheint ein wenig des im Ueberschufs angewandten Bleinitrats hartnäckig zurückgehalten zu werden.

Da über die Zusammensetzung dieser Verbindung — nach ihrer Bildung zu urtheilen — kaum ein Zweifel bestehen konnte, so habe ich geglaubt, mich bei der Analyse auf eine Bleibestimmung beschränken zu dürfen.

0,445 Grm., unter Kohlensäure scharf getrocknet, gaben, durch Schmelzen mit Salpeter und Soda zersetzt, 0,223 Grm. Bleisulfat.

Dieser Werth befindet sich mit der Formel



in genügender Uebereinstimmung.

	Berechnet:	Gefunden:
2Pb = 415,0	34,58 Proc.	34,16
3Pt = 592,2	49,35 "	—
6S = 192,0	16,07 "	—
<u>1199,2.</u>		

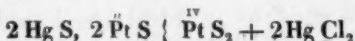
Die Verbindung bildet ein lockeres Aggregat dunkelschwarzgrauer, bei gewöhnlicher Temperatur luftbeständiger Nadeln, die beim Erhitzen an der Luft mit schwachem Knistern verglimmen unter Auftreten von schwefliger Säure und unter Hinterlassung eines grauen Gemenges von Platin und Bleisulfat. Von Salzsäure wird sie selbst beim Sieden nur wenig angegriffen; kräftiger wirkt Salpetersäure ein, wobei ein Theil des Bleis gelöst wird, während ein anderer als Sulfat neben Schwefelplatin im Rückstande bleibt. Kochendes Königswasser greift die Verbindung energisch an, doch erfolgt auch hierbei nur schwierig völlige Lösung, da ein Theil des Schwefelplatins der Zersetzung hartnäckig widersteht.

19. Quecksilberplatin-Sulfoplatinat mit Quecksilberchlorid.

Eine ähnliche Veränderung wie durch Kupfersulfat und Bleinitrat erfährt das frisch bereitete Dinatriumplatin-Sulfo-

platinat unter der Einwirkung einer mäßig concentrirten Quecksilberchloridlösung: es verwandelt sich dabei ziemlich schnell in ein schwammartig aufgelockertes Haufwerk dünner, dunkelashgrauer, fast glanzloser Nadeln.

Hierbei findet indeß nicht nur eine Vertretung des Natriums durch Quecksilber statt, sondern es wird zugleich etwas unzersetztes Quecksilberchlorid so fest gebunden, daß es selbst durch anhaltendes Waschen mit Wasser der Verbindung nicht wieder entzogen werden kann. Die Menge desselben scheint gewissen Schwankungen unterworfen und theils von der Concentration der angewandten Lösung, theils von der Dauer ihrer Einwirkung abhängig zu seyn. Wendet man eine kaltgesättigte Quecksilberchloridlösung im Ueberschuß an und läßt man dieselbe so lange einwirken, bis die graue Krystallmasse hinsichtlich ihres Farbentons keine bemerkbare Veränderung mehr erleidet, so beobachtet man an dem Präparate eine Zusammensetzung, die sich der Formel



angenähert zeigt, ohne derselben indeß genau zu entsprechen.

- 1) 0,332 Grm. hinterließen nach dem Glühen an der Luft 0,116 Grm. metall. Platin.
- 2) 0,332 Grm., durch Schmelzen mit Kali und Salpeter zersetzt, gaben 0,088 Grm. Chlorsilber und 0,296 Grm. schwefelsaures Baryum.

Die obige Formel verlangt:

34,34 Proc. Platin

46,32 „ Quecksilber

8,22 „ Chlor

11,12 „ Schwefel

100,00.

Gefunden:

34,94 Proc.

46,21 „ (Diff.)

6,62 „

12,23 „

100,00.

Die Verbindung ist wie die unter 17 und 18 beschriebenen vollkommen luftbeständig. Beim Erhitzen im Glasrohr giebt sie ein Sublimat, das neben Schwefelquecksilber und metallischem Quecksilber auch Quecksilberchlorür ent-

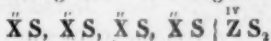
hält. Bei freiem Luftzutritt erhitzt, läßt sie zunächst Chlorquecksilber entweichen, bei höherer Temperatur tritt unter Entwicklung von schwefliger Säure Verglimmung ein und der Glührückstand besteht aus reinem Platin, welches noch deutlich die Nadelform der ursprünglichen Krystalle erkennen läßt.

Von Salzsäure wird die Verbindung selbst in der Wärme nicht angegriffen; Königswasser wirkt zersetzend darauf ein, doch erfolgt auch nach lange fortgesetztem Kochen keine vollständige Lösung.

Wie schon früher angegeben wurde, wirken auch neutrale Eisenoxydul-Manganoxydul-Cadmiumoxyd- und Zinkoxydlösungen auf das Dinatriumplatin Sulfoplatinat zersetzend ein unter Bildung von Sulfosalzen, die allem Anschein nach eine den oben beschriebenen entsprechende Zusammensetzung besitzen. Ich habe dieselben nicht näher untersucht, da sie ein besonderes Interesse nicht darbieten.

Durch neutrale Erdsalze dagegen wird das Dinatriumplatin-Sulfoplatinat nicht zersetzt. Es erfolgt also Zersetzung nur durch die Salze solcher Metalle, die aus ihren neutralen Lösungen durch Schwefelnatrium gefällt werden.

Außer den in den vorhergehenden Nummern beschriebenen existiren zahlreiche andere Verbindungen, die sich ihrer Zusammensetzung nach dem allgemeinen Schema



unterordnen. Es hat sich z. B. gezeigt, daß in den unter 12 und 13 besprochenen Platinverbindungen das Zinn durch Titan und (wenigstens in der Natriumverbindung) das Platin durch Iridium isomorph vertreten werden kann. Ausserdem wird beim Zusammenschmelzen von Palladiumchlör-Ammoniak oder von Schwefelpalladium mit einem Ueberschuß von Schwefel und Pottasche eine prachtvolle blaue Palladium-Verbindung erhalten, die vielleicht derselben Reihe angehört, was indeß noch der weiteren experimentellen Bestätigung bedarf.

Ich behalte mir vor, über diese sämtlichen, zum Theil sehr schönen Verbindungen in den nächsten Abhandlungen zu berichten. Für jetzt wende ich mich zur Beschreibung eines Schwefelsalzes, das sich hinsichtlich seiner Constitution den unter 2 und 5 besprochenen Wismuthverbindungen an die Seite stellt.

20. Schwefelkalium-Schwefelthallium.

Diese schöne Verbindung wird mit Sicherheit und Leichtigkeit erhalten, wenn man 1 Theil Thalliumsulfat (oder auch Chlorthallium) mit 6 Theilen trockenem kohlensaurem Kalium und 6 Theilen Schwefel etwa 10 Minuten lang über der Gebläselampe zusammenschmilzt und die erkaltete Schmelze mit Wasser behandelt. Dabei hinterbleibt, während das Kaliumpolysulfuret sich mit gelber Farbe löst, die neue Thalliumverbindung in Form eines dunkel cochenillerothen Krystallpulvers, das, wie schon bei mäfsiger Vergröfserung deutlich erkannt wird, aus lauter scharf ausgebildeten quadratischen Tafeln von gelbrother Farbe besteht. Dasselbe wird durch Auswaschen mit kaltem Wasser leicht völlig rein erhalten und hat nach dem Trocknen eine rothbraune Farbe.

Bei der Analyse dieser Verbindung wurden folgende Resultate erhalten:

- 1) 0,270 Grm. (bei 100° getrocknet) gaben, durch Schmelzen mit Kali und Salpeter ¹⁾ zersetzt, 0,400 Grm. Baryumsulfat und 0,288 Grm. Jodthallium.
- 2) 0,3335 Grm. (derselben Bereitung) wurden durch Schwefelsäure und wenig Salpetersäure zersetzt. Aus der filtrirten Lösung wurde durch Ammoniak u. Schwefelammonium das Thallium gefällt und im Filtrat das

1) Es verdient bemerkt zu werden, dafs beim Behandeln dieser Schmelze mit heifsem Wasser sich etwas Thallium löst, während die Hauptmenge desselben als schwarzbraunes Peroxyd ungelöst bleibt. Es mufs also, nachdem aus dem wäfsrigen Auszuge der Schmelze die Schwefelsäure gefällt worden ist, aus dem Filtrat die kleine, darin enthaltene Thalliummenge auf geeignete Weise abgeschieden und zur Bestimmung gebracht werden.

Kalium als Sulfat bestimmt. Das Schwefelthallium wurde auf bekannte Weise in Jodthallium verwandelt. Es wurden erhalten 0,094 Grm. schwefelsaures Kalium und 0,358 Grm. Jodthallium.

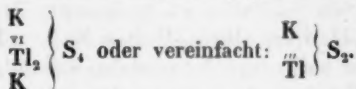
3) 0,436 Grm. (einer anderen Bereitung) gaben 0,124 Grm. schwefelsaures Kalium.

4) 0,307 Grm., durch Schwefelsäure und wenig Salpetersäure zersetzt, gaben 0,332 Grm. Jodthallium.

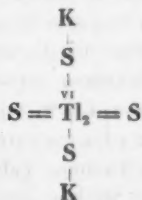
Diese Zahlen führen zu der Formel K_2S, Tl_2S_3 , wie die folgende Zusammenstellung zeigt.

Berechnet:		Gefunden:			
		I.	II.	III.	IV.
$K^2 = 78,26$	12,74 Proc.	—	12,63	12,75	—
$Tl_2 = 408,00$	66,42 „	65,70	66,26	—	66,64
$S_4 = 128,00$	20,84 „	20,35	—	—	—
<u>614,26</u>	<u>100,00.</u>				

Als typischer Ausdruck für die Zusammensetzung dieser Verbindung könnte der folgende gegeben werden:



Die Structur der Verbindung könnte etwa in folgender Weise veranschaulicht werden:



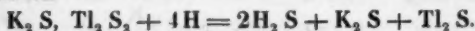
Hiernach ist klar, dass das Thallium in dieser Verbindung dreiwertig und die Gruppe Tl_2 sechswertig fungirt oder mit anderen Worten: dass die Verbindung die dem schwarzen Thalliumperoxyd (Tl_2O_3) entsprechende Schwefelungsstufe (Tl_2S_3) enthält, die meines Wissens bis jetzt im isolirten Zustande nicht dargestellt ist.

Dem entsprechend verhält sich auch die Verbindung gegen Wasserstoff bei höherer Temperatur. Wird dieselbe nämlich im Wasserstoffstrome erhitzt, so schmilzt sie zunächst zu einer schwarzbraunen Masse; bei weiter gesteigerter Hitze läßt sie nahezu die Hälfte ihres Schwefelgehaltes als Schwefelwasserstoff entweichen und der Rückstand verhält sich wie ein Gemenge von Schwefelkalium und Einfach-Schwefelthallium.

0,4 Grm. Substanz gaben, nachdem das durch Wasserstoff daraus entwickelte Schwefelwasserstoffgas in eine ammoniakalische Auflösung von reinem Kupfernitrat geleitet war, bei der Zersetzung des Schwefelkupfers 0,018 Grm. Schwefel in Substanz und 0,162 Grm. schwefelsaures Barium.

Die Hälfte vom Schwefelgehalte der Verbindung beträgt	Beobachteter Verlust an Schwefel
10,42 Proc.	10,05 Proc.

Die Wirkung des Wasserstoffs verläuft also im Sinne der Zeichen



Die Eigenschaften der Verbindung sind folgende: Rothbraunes, vollkommen gleichmäßiges Krystallpulver, aus kleinen, scharf ausgebildeten, viereckigen Tafeln bestehend, die in sehr dünnen Schichten gelb oder gelbroth und durchsichtig erscheinen. Ueber die Form derselben hat Hr. G. Rose die Freundlichkeit gehabt, mir die folgende Notiz zu geben:

»Die Krystalle erscheinen unter dem Mikroskop als durchsichtige quadratische Tafeln von röthlichgelber Farbe; die kleineren sind ganz rein, die größeren enthalten in der Mitte eine kleinere Tafel von dunklerer Farbe in gleicher Stellung und solche dunkleren Partien finden sich auch in der Mitte der Ränder wie in der nebenstehenden Zeichnung dargestellt ist.«



Die Krystallchen besitzen lebhaften Glanz und geben feingerieben ein rostbraunes Pulver. Ihr spec. Gewicht ist = 4,263.

Sie sind bei gewöhnlicher Temperatur vollkommen luftbeständig und werden von Wasser nicht verändert. Beim Erhitzen im Röhrchen schmelzen sie zu einem schwarzbraunen Fluidum, das selbst bei schwacher Rothgluth nur eine Spur Schwefel ausgiebt und das beim Erkalten undeutlich krystallinisch erstarrt. — An der Luft erhitzt, färben sie sich dunkelschwarzbraun und sinken fast plötzlich, ohne wirklich zu schmelzen, auf ein geringes Volumen zusammen. Hierbei findet eine partielle Oxydation statt, denn in dem wässrigen Auszuge der erkalteten Masse läßt sich Schwefelsäure nachweisen.

Durch Salzsäure wird die Verbindung, besonders schnell beim Erwärmen, unter Schwefelwasserstoff-Entwicklung und Abscheidung eines Gemenges von Chlorthallium und Schwefel zersetzt; der ausgeschiedene Schwefel erscheint durch eine geringe Beimengung von unzersetztem Schwefelthallium lichtbraun gefärbt. Aehnlich ist das Verhalten gegen mäßig concentrirte Schwefelsäure.

Salpetersäure bewirkt in der Wärme sofort Zersetzung unter Ausscheidung von gelbem Schwefel. Dagegen wirken Ammoniakflüssigkeit und Kalilösung selbst in der Wärme nicht zersetzend ein.

Beim Uebergießen mit einer Auflösung von Silbernitrat erfahren die Krystallchen unter Aufnahme von Silber eine partielle Zersetzung; sie färben sich in Folge dessen zunächst oberflächlich, allmählich durch die ganze Masse stabilblau, ohne dafs übrigens ihre Form eine Veränderung erleidet.

Hierbei findet indess nicht, wie bei der unter 1 beschriebenen Eisenverbindung (K_2S , Fe_2S_3), ein Austausch von Silber gegen Kalium allein statt, sondern gleichzeitig gegen Thallium, denn läßt man auf eine bestimmte Quantität der Verbindung diejenige Silbermenge einwirken, die gerade hinreichen würde, das Kalium zu ersetzen, so findet man in der Lösung, sobald das Silber daraus verschwunden ist, nicht nur Kalium, sondern auch Thallium in deutlich nachweisbarer Menge.

Ganz anders als gegen ein schmelzendes Gemenge von Pottasche und Schwefel verhält sich das Thalliomsulfat gegen ein solches von Soda und Schwefel. Die Schmelze erscheint in diesem Falle nach dem Erkalten fast ganz homogen und amorph; dieselbe giebt auf Wasserzusatz ein hellgelbes, undeutlich krystallinisches Pulver, das aber höchst unbeständig ist und sich in Berührung mit Luft und gröfseren Mengen von Wasser schnell tiefbraun färbt. Der ausgewaschene braune Rückstand, der an der Luft keine weitere Veränderung erleidet, scheint nur Thallium und Schwefel und zwar im Verhältnifs von 4:5 Atomen zu enthalten.

Ich werde bei einer späteren Gelegenheit auf diesen Gegenstand ausführlicher zurückkommen.

Berlin, im April 1870.

XI. Akustische Abstofsung und Anziehung; von K. H. Schellbach.

Wenn man glaubt die Wirkung von Atomen, die sie aufeinander aus sehr kleiner Entfernung ausüben, begreifen zu können, so mufs man auch zugeben, dafs Anziehung oder Abstofsung der Materie sich auf sehr grofse Entfernungen erstrecken könne. Die magnetischen und elektrischen Wirkungen in die Ferne bedürfen dann keiner besonderen Erklärung und müssen nicht etwa durch Beihülfe eines Zwischenmittels hervorgerufen werden. Nichtsdestoweniger wäre es möglich, dafs Oscillationen des Aethers oder der Luft Erscheinungen der Anziehung oder Abstofsung auf gröfsere Entfernungen hervorrufen.

Einige Versuche, die ich bereits im verflossenen Sommer anstellte und Hrn. Prof. Quincke zuerst mittheilte, scheinen diese Vermuthung zu bestätigen. Ich brachte näm-

lich d
einer
Stimm
gestofs
Flamm
zu ein
ten ve
Lichtfl
einer
gungen
so lan
Stimm
Centim
spaltet
Der v
falls a
GL
an Fä
den, s
tical
sonanz
Kugel
und s
deutlic
gebrac
M
vorige
theilt,
damit
im De
aber
Stärke
diesell
mifslar
W
worde

lich die Flamme eines Stearinlichts fast in Berührung mit einer horizontal befestigten Stimmgabel. Sobald ich die Stimmgabel anstrich, wurde die Flamme ganz deutlich abgestoßen, so lange als die Gabel tonte. Befand sich die Flamme unter der Gabel, so wurde sie niedergedrückt und zu einer Scheibe abgeplattet. Aehnliche Erscheinungen zeigten vertical befestigte Klangscheiben und Orgelpfeifen. Eine Lichtflamme an die Mündung eines Resonanzkästchens mit einer Stimmgabel, die in der Secunde 512 einfache Schwingungen machte, wurde stark und immerwährend abgestoßen, so lange die Stimmgabel tonte. Bei stärkerem Tönen der Stimmgabel erlosch das Licht. Eine Gasflamme von einem Centimeter Länge, die aus einem engen Glasrohre strömte, spaltete sich an der Mündung des Kästchens in zwei Zungen. Der von Räucherkerzen aufströmende Rauch wurde ebenfalls abgestoßen.

Gleich im Anfang meiner Versuche bemerkte ich, daß an Fäden hängende Holundermarkkugeln angezogen wurden, sowohl von einer tönenden Stimmgabel, als von vertical befestigten Klangscheiben. Von dem erwähnten Resonanzkästchen wurden leicht bewegliche Metallscheiben und Kugeln, selbst wenn die Massen 120 Gramm schwer waren und sich acht Centimeter weit von der Mündung befanden, deutlich angezogen und zur Berührung mit dem Kästchen gebracht.

Mehrere dieser Versuche habe ich bereits zu Ende des vorigen Sommersemesters Hrn. Geheimrath Magnus mitgetheilt, der die jungen Physiker, welche bei ihm arbeiteten, damit bekannt machte. Auch Hr. Prof. Poggendorff sah im December einige dieser Versuche bei mir. Es scheinen aber nicht alle Stimmgabeln diese Erscheinung in gleicher Stärke hervorzurufen, denn als ich im verflossenen Herbste dieselben Versuche mit anderen Apparaten ausführen wollte, mißlangen sie.

Wegen vieler Berufsgeschäfte bin ich bisher verhindert worden, meine Versuche fortzusetzen. Da ich aber aus No. 115

der *Proceedings of the Royal Society of London* ersehe, daß Hr. Guthrie ähnliche Versuche angestellt hat, so finde ich mich jetzt zu dieser vorläufigen Mittheilung veranlaßt.

XII. Ueber die durch Muskelcontractionen geleistete Beugungsarbeit; von Dr. R. Most.

Ist ein Muskel AB (Fig. 10 Taf. II), z. B. der *m. brachialis internus*, in der Contraction begriffen, um die Knochen AC und BC einander zu nähern, so ist das Drehungsmoment, welches derselbe ausübt, wegen des veränderlichen Abstandes CD des Muskels vom Gelenk C , selbst veränderlich; wichtiger als die Frage nach diesem Drehungsmoment, auf welches in den anatomischen Lehrbüchern aufmerksam gemacht wird ¹⁾, erscheint uns die Frage danach, wie die in den Muskeln disponible Arbeit zur Verwendung komme. Bezeichnen wir die augenblickliche Länge des in der Contraction begriffenen Muskels AB mit u , so wird die Kraft K , welche er in diesem Zustande zu leisten fähig ist, offenbar eine Function von u seyn; da es sich hier nur um eine Schätzung handelt, soll die Kraft K in den nachfolgenden Rechnungen constant angenommen werden: für die unendlich kleine Contraction du ist die Arbeit gleich $K du$. Bezeichnet man nun die größte Länge des Muskels, bei welcher er also in keiner Weise tetanisirt ist, mit a , seine kleinste Länge, bei der er vollständig contrahirt ist, mit b , so ist die durch eine vollständige Contraction disponibel gemachte Arbeit: $\int_b^a K \cdot du = K(a - b)$; setzen wir voraus, daß in dem Gelenk C eine Beugung von 180° möglich sey,

1) Vergl. Hermann Meyer, Physiologische Anatomie S. 155 u. 156.

so ergeben sich für die Entfernungen der Ansatzstellen *A* und *B* von dem Gelenk *C* die Gleichungen:

$$AC = \frac{a+b}{2} \qquad BC = \frac{a-b}{2}.$$

Zunächst soll nun die Verwendung der disponiblen Arbeit beurtheilt werden, unter der Voraussetzung, daß die Anheftungsstelle *A* fixirt sey, und also nur der Knochen *CB* bewegt werde; die in *B* angreifende Kraft $K = BE$ wird in die beiden Componenten *BF* parallel mit *BC*, und *BG* senkrecht dazu zerlegt; da nun bei der Fixirung der Ansatzstelle *A*, d. h. des Knochens *AC* in der Richtung der Componente *BF* keine Bewegung, also auch keine Arbeit entstehen kann, andererseits aber Arbeit nicht verloren gehen kann, so muß in diesem Falle die ganze disponible Arbeit zur Beugung verwendet werden. Man überzeugt sich davon auch in folgender Weise. Es ist:

$$BG = K \cdot \frac{DC}{BC},$$

verkleinert sich nun $\angle ACB = \varphi$ durch Contraction des Muskels um $d\varphi$, so macht der Punkt *B* in der Richtung *BG* den Weg $BC \cdot d\varphi$; die in *B* geleistete Arbeit ist also $K \cdot DC \cdot d\varphi$; nun ist aber

$$DC = \frac{AC \cdot BC \cdot \sin \varphi}{\sqrt{AC^2 + BC^2 - 2AC \cdot BC \cos \varphi}}$$

also

$$DC \cdot d\varphi = d \cdot \frac{AC \cdot BC \cdot \sin \varphi}{\sqrt{AC^2 + BC^2 - 2AC \cdot BC \cos \varphi}} = du,$$

also ist die in *B* geleistete Arbeit gleich der durch Contraction disponibel gemachten Arbeit $K \cdot du$. Der günstigste Fall für die Beugungsarbeit ist also der, daß einer der Knochen vollkommen fixirt ist; findet das nicht statt, sondern bewegt sich etwa der Knochen *AC* um ein oberes Gelenk *H*, so tritt auch in der Richtung der Componente *BF* Bewegung ein und ein Theil der disponiblen Arbeitskraft wird hier verwendet. Bildet *HC* (Fig. 11 Taf. II) mit einer festen Axe *HX* den Winkel ψ , so verändere sich dieser um $d\psi$, während gleichzeitig der Winkel φ um $d\varphi$ geändert wird. Bei der Contraction des Muskels greift in *A*

und B die Kraft K an als AH und BE ; bezeichnet man die Winkel bei A und B mit α und β , so sind die Componenten der Kraft BE zu bestimmen durch die Gleichungen $BG = K \cdot \sin \beta$ und $BF = K \cdot \cos \beta$; BG bewirkt die Bewegung des Knochens CB ; BF denke man sich nach C als CL verlegt und parallel und senkrecht zu AC in CM und CN zerlegt, so wirkt $CN = K \cdot \cos \beta \cdot \sin \varphi$ auf den Knochen HC , während gleichzeitig in A die Componente $AC = K \cdot \sin \alpha$ angreift. Um nun die Wege der Angriffspunkte in der Richtung dieser Kräfte zu bestimmen, denke man sich zunächst mit constantem φ den Winkel ψ um $d\psi$ geändert, so dass $HC B$ in die Lage $HC_1 B_1$ übergeht und dann erst trete die Veränderung von φ um $d\varphi$ ein. Für die auf den Knochen HC verwendete Arbeit A_1 erhält man somit:

$$1) \quad dA_1 = K \cdot \cos \beta \cdot \sin \varphi \cdot HC \cdot d\psi - K \cdot \sin \alpha \cdot HA \cdot d\psi;$$

um nun die Projection von BB_1 auf BG zu bestimmen, verlängere man BC und $B_1 C_1$ bis zum gemeinsamen Schnitt in P , dann überzeugt man sich leicht, dass der $\angle P = d\psi$ ist; macht man also CB_2 gleich und parallel $C_1 B_1$, so ist $BB_2 = CB \cdot d\psi$ und $B_2 B_1 = CC_1 = HC \cdot d\psi$; danach ergibt sich für die auf CB verwendete Kraft A_2 :

$$1_2) \quad dA_2 = K \cdot \sin \beta [-BC d\varphi - BC \cdot d\psi + \cos \varphi \cdot HC \cdot d\psi];$$

nennt man die Gesamtarbeit A , so ist:

$$dA = dA_1 + dA_2 = -K \cdot \sin \beta \cdot BC \cdot d\varphi = -K \cdot du,$$

wie es seyn muss. — Um die Anwendung der Gleichungen 1) und 1₂) zu zeigen, soll die Vertheilung der Arbeitskraft auf beide Knochen bestimmt werden unter der Voraussetzung, dass sich der Muskel AB selbst parallel bleibe, dann ist $d\psi = d\alpha$, also, indem man für die sinus von β und φ bekannte Werthe einsetzt:

$$2) \quad \begin{cases} dA_1 = K \cdot \cos \beta \cdot \frac{HC}{BC} \cdot u \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha - K \cdot HA \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha \\ dA_2 = -K du - K \cdot AC \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha \\ \quad + K \cdot \frac{HC \cdot AC}{BC} \cos \varphi \cdot \sin \alpha \cdot d\alpha; \end{cases}$$

führt man durch die Gleichungen:

$$d \cdot \cos \alpha = \frac{1}{2AC} \left(1 - \frac{ab}{u^2}\right) du$$

$$\cos \beta = \frac{u^2 - ab}{2uBC} \quad \cos \varphi = \frac{AC^2 + BC^2 - u^2}{2AC \cdot BC}$$

die Ausdrücke auf u und integrirt, entsprechend der Kraftentwicklung von a bis b , so erhält man:

$$3) \quad A_1 = \frac{K}{3} \cdot \frac{HC}{AC} (a - b)$$

$$A_2 = K(a - b) - \frac{K}{3} \cdot \frac{HC}{AC} (a - b);$$

liegt also die Ansatzstelle A dem Gelenk H nahe, so daß man $\frac{HC}{AC}$ gleich 1 setzen kann, so wird $\frac{1}{3}$ der disponiblen Arbeitskraft auf den ersten Knochen HC , $\frac{2}{3}$ auf den zweiten verwandt.

Bei diesen Rechnungen ist vorausgesetzt, daß die Knochen bei ihrer Bewegung, wie eine Maschine im umkehrbaren Proceß, nur Widerstände finden, welche den wirkenden Kräften gleich sind oder doch nur unendlich wenig von ihnen verschieden sind. Freilich erscheinen die wirkenden Kräfte wenig constant, so durchläuft z. B. das Drehungsmoment, welches den Knochen BC (Fig. 10 Taf. II) beugt, die Werthe von Null bis $K \cdot BC = K \cdot \frac{a-b}{2}$. Berechnet man aber den Durchschnitt aller Drehungsmomente:

$$\frac{\int_a^b K f DC \cdot du}{\int_a^b du} = \frac{K}{2(a-b)} \int_a^b \sqrt{(a^2 - u^2)(u^2 - b^2)} \frac{du}{u} = \frac{\pi}{4} \frac{K}{2} (a - b),$$

so erkennt man, daß derselbe dem Maximum sehr nahe liegt; berücksichtigt man nun noch, daß der Apparat bei Arbeitsverrichtungen selten aus der vollen Strecklage seine Bewegung beginnt und ebenso wenig in die letzte Biegelage übergeht, daß überhaupt die Knochendicke die Minimalwerthe des Drehungsmomentes gar nicht eintreten läßt, so erkennt

man, daß der Muskel, welcher bei seiner Contraction die Kraft K entwickelt, fähig ist, annähernd einen Widerstand mit dem Drehungsmoment $\frac{\pi}{8} K(a - b)$ zu überwinden.

Nekrolog.

Abermals haben Physik und Chemie, haben diese Annalen einen herben Verlust erlitten, der auch in weiten Kreisen empfunden werden wird. Gustav Magnus, noch einer jener Männer, die aus der Schule von Berzelius hervorgegangen sind, ist leider, nach mehr als 40jähriger ruhmvoller Thätigkeit für beide Wissenschaften, am 4^{ten} dieses Monats einer langwierigen und schmerzhaften Krankheit zum Opfer gefallen. Wer dem Verewigten näher gestanden hat, wer da weiß, wie viel er, neben seinen eigenen gediegenen Forschungen, zur Förderung und Belebung des physikalischen Studiums in Berlin beigetragen hat und ohne Zweifel auch fernerhin noch beigetragen haben würde, der wird mit einstimmen in die gerechten Klagen seiner zahlreichen Freunde und Schüler, denen er viel, viel zu früh entrissen worden ist. Gleichwie er durch die Humboldt's-Stiftung, die hauptsächlich sein Werk ist, dem großen Naturforscher ein immerwährendes Denkmal errichtet hat, so wird auch sein Name für immer in der Wissenschaft fortleben, und denen ein Vorbild seyn, die berufen werden mögen, die durch seinen Tod eingetretene sehr fühlbare Lücke auszufüllen.

Berlin, 24. April 1870.

Poggendorff.

e
d

n
n
er
e-
er
ts
er
er
en
li-
fel
rd
en
en
f-
ur-
ird
en,
en,
us-

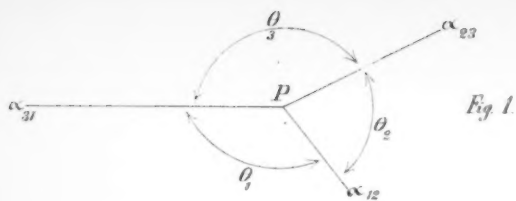


Fig. 1.

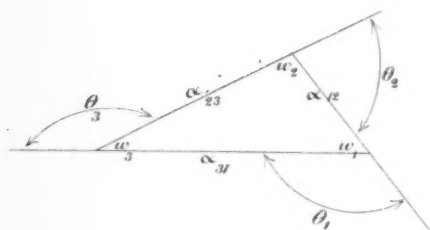


Fig. 2.

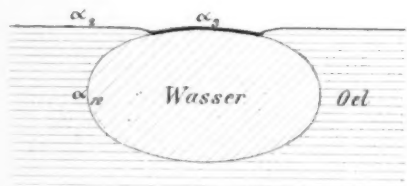


Fig. 3.



Fig. 4.

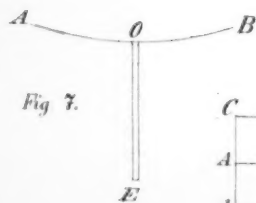


Fig. 7.

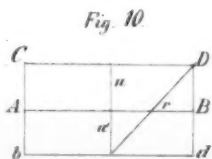


Fig. 10.

Fig. 13.

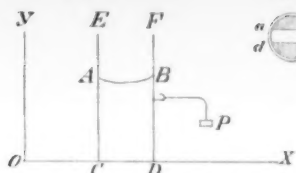


Fig. 12.

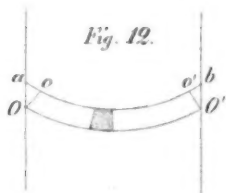


Fig. 8.

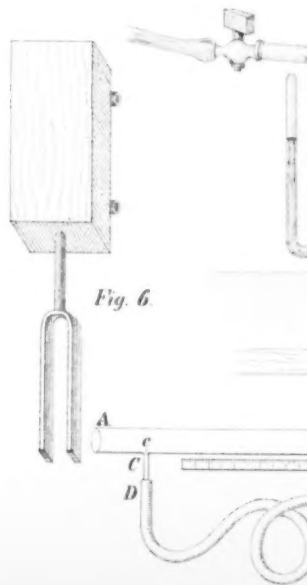
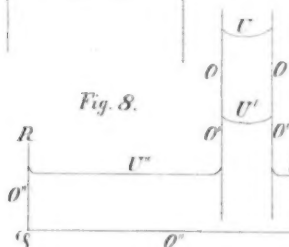


Fig. 6.

Fig. 7.

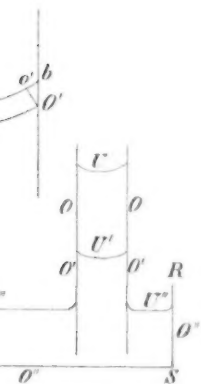
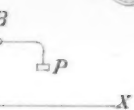


Fig. 5.

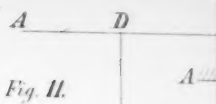
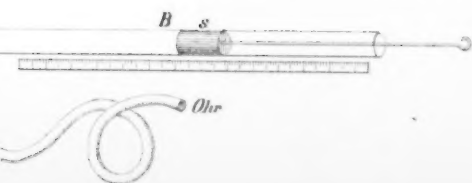
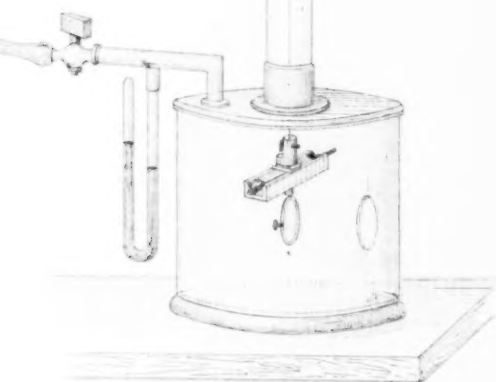


Fig. 11.

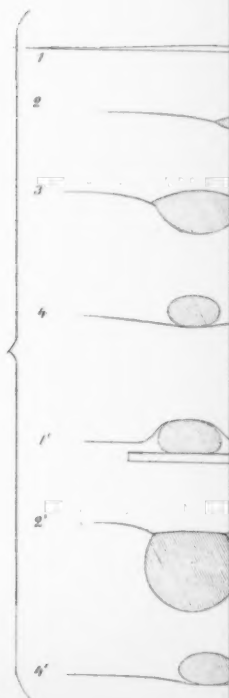
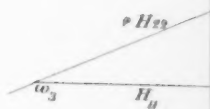
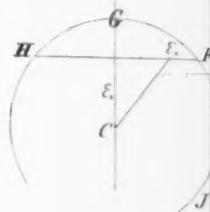


Fig. 13.

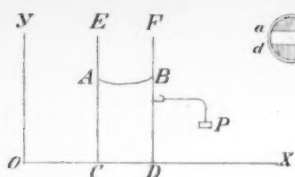


Fig. 7.



Fig. 12.

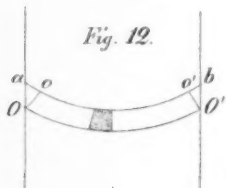


Fig. 8.

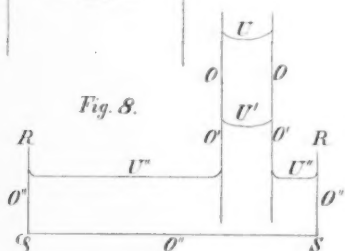


Fig. 5.

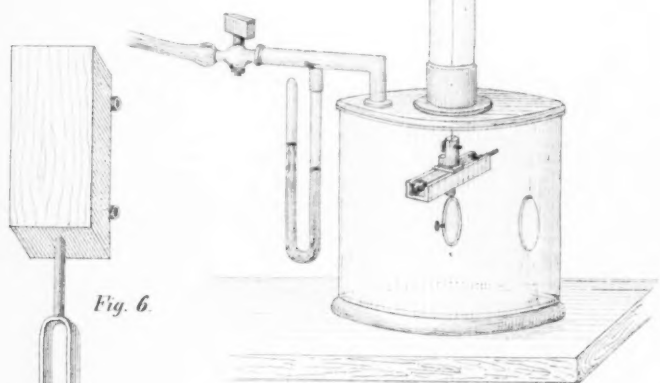


Fig. 6.

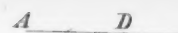
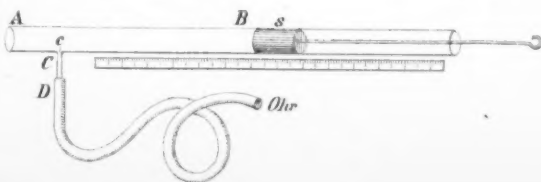
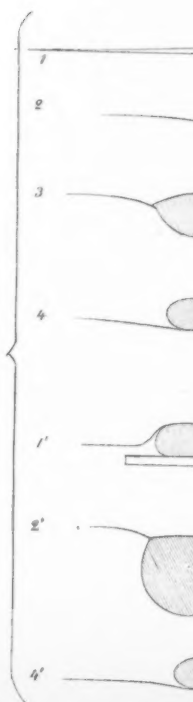
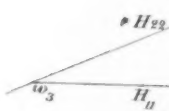
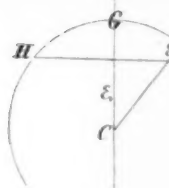
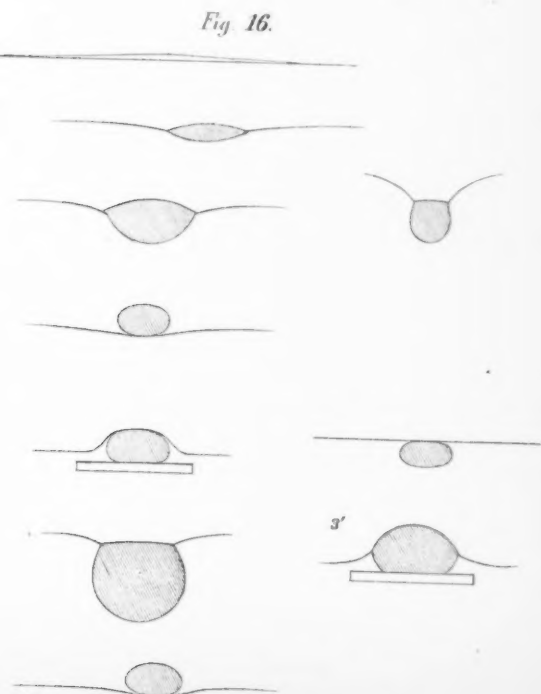
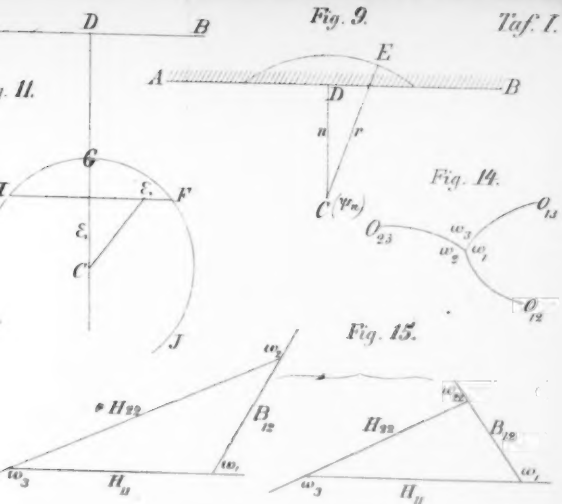
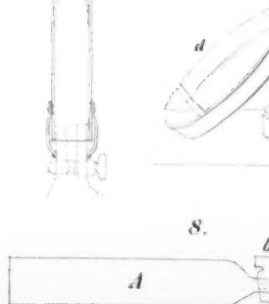
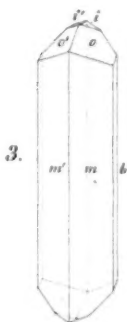
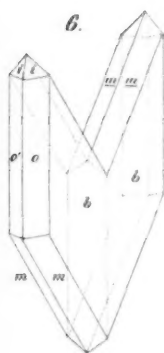
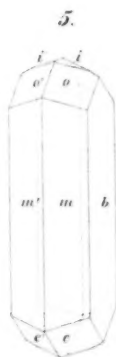
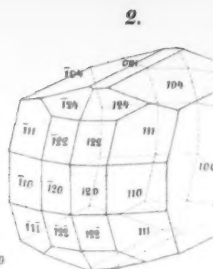


Fig. 11.

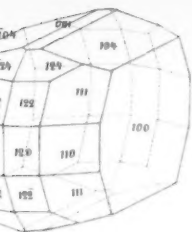






Ch. Schütz, Lith. Inst. Berlin.

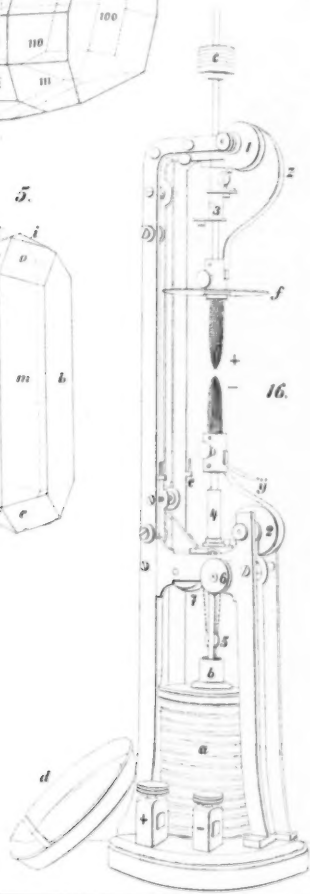
2.



5.



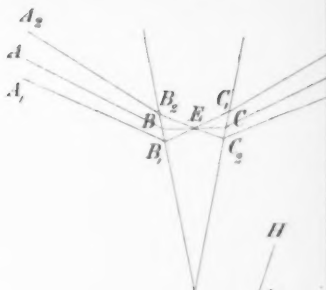
16.



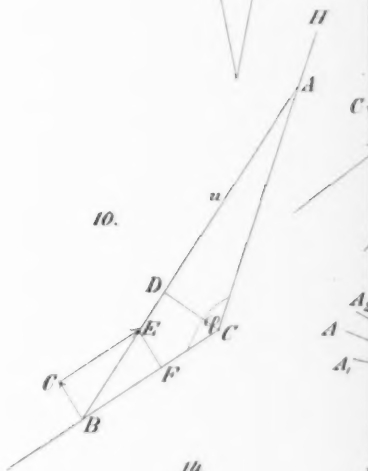
8.



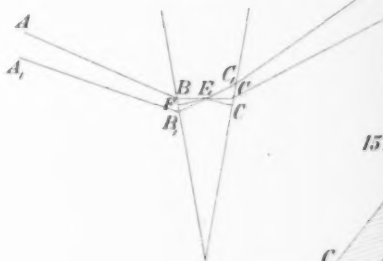
13.



10.



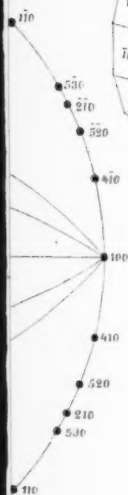
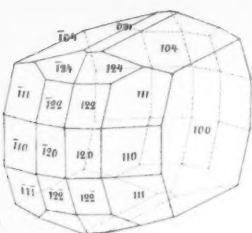
14.



15.



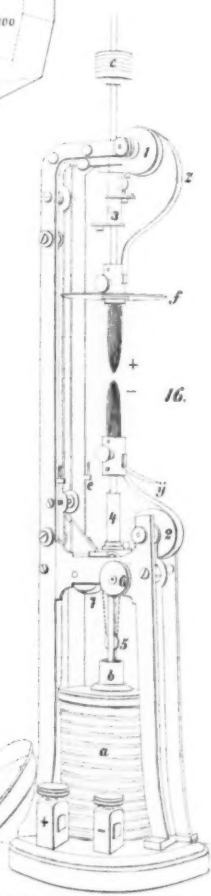
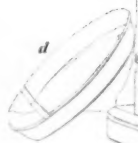
2.



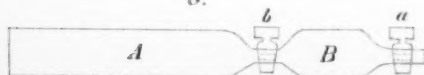
5.



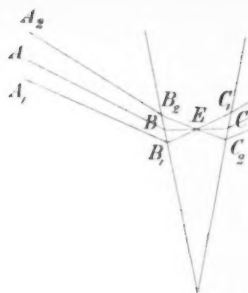
9.



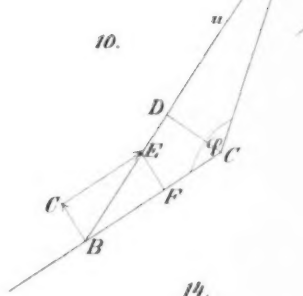
8.



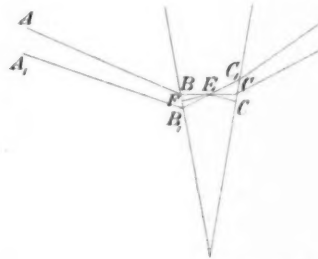
13.



10.



14.



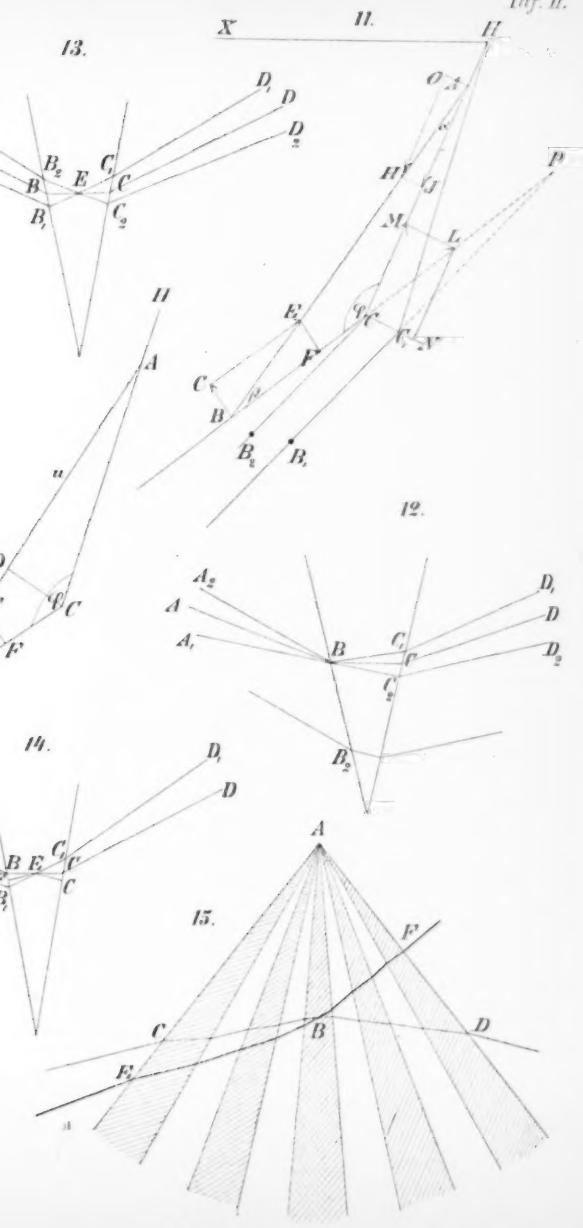




Fig. 1.

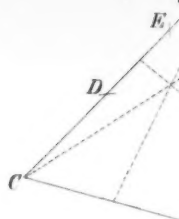
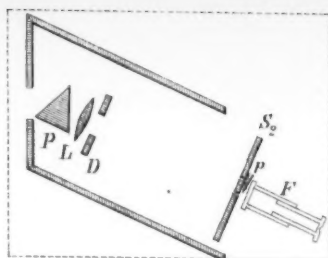


Fig. 2.

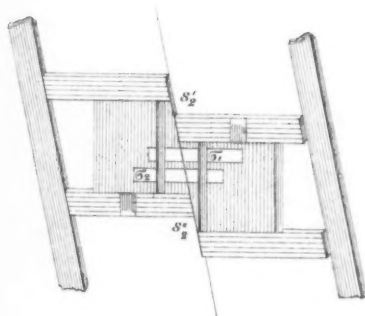
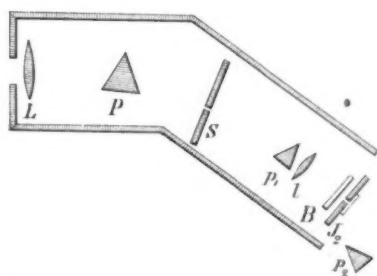


Fig. 1b

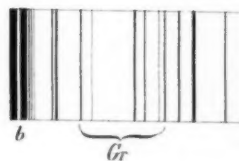


Fig. 5.

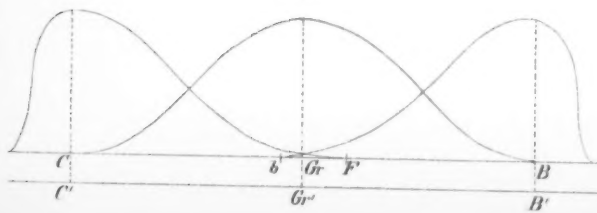
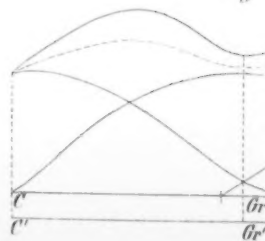


Fig.



Ch. Schützli

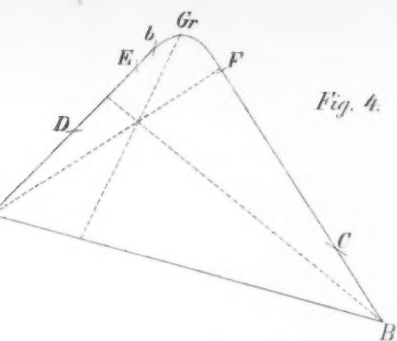


Fig. 4.

Fig. 1a.

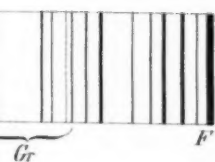
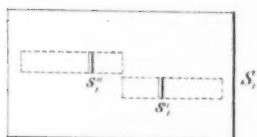


Fig. 3.

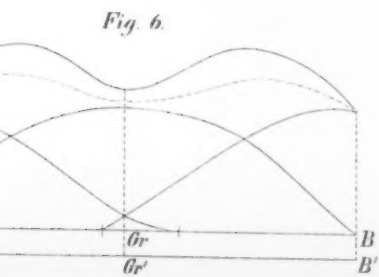
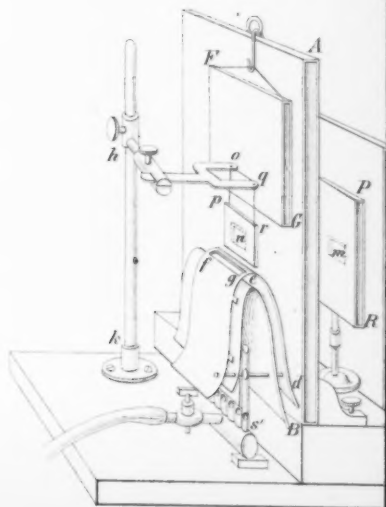
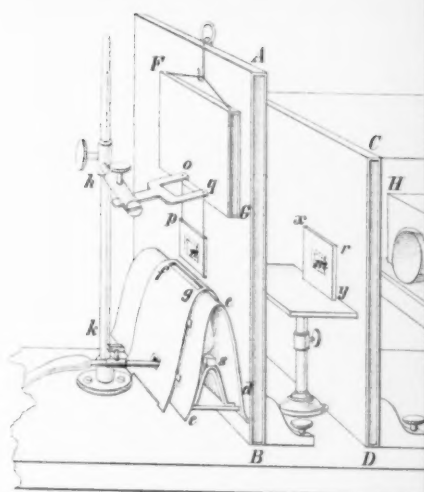


Fig. 6.



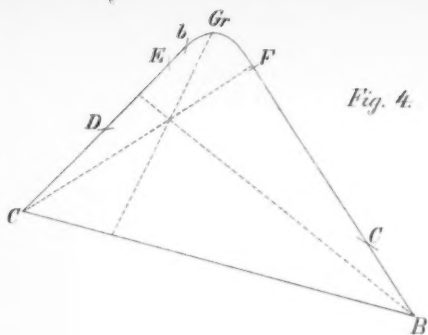
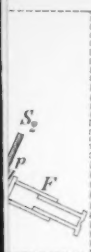


Fig. 4.



Fig. 1a.

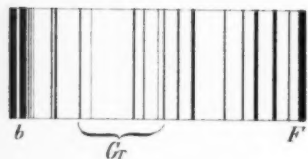
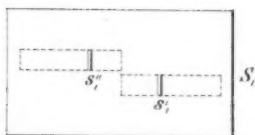


Fig. 3.

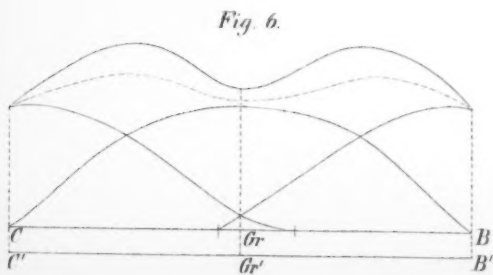


Fig. 6.

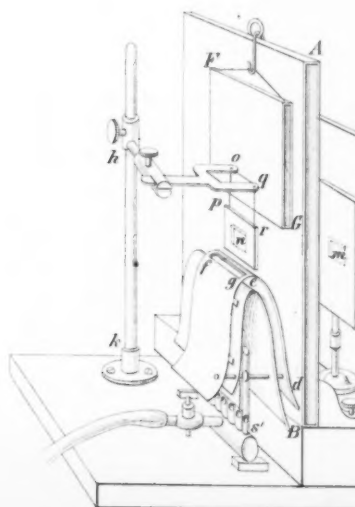
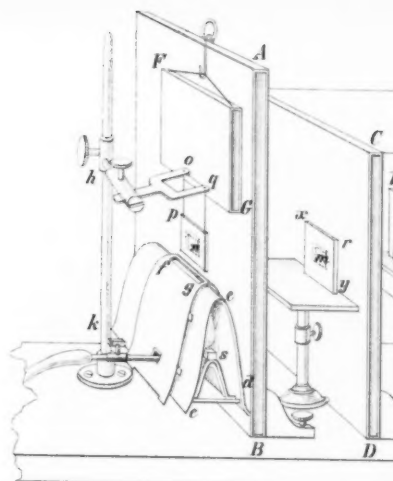


Fig. 7.

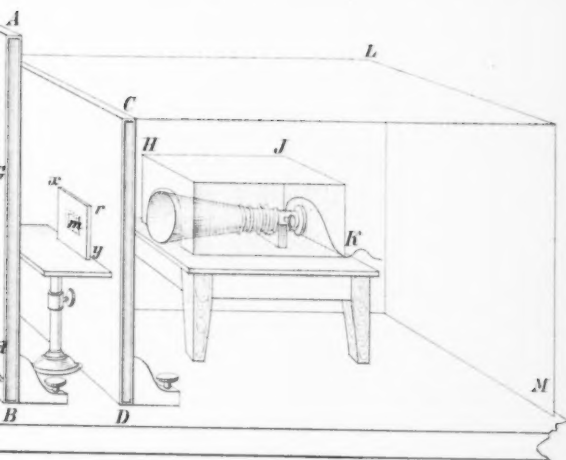


Fig. 8.

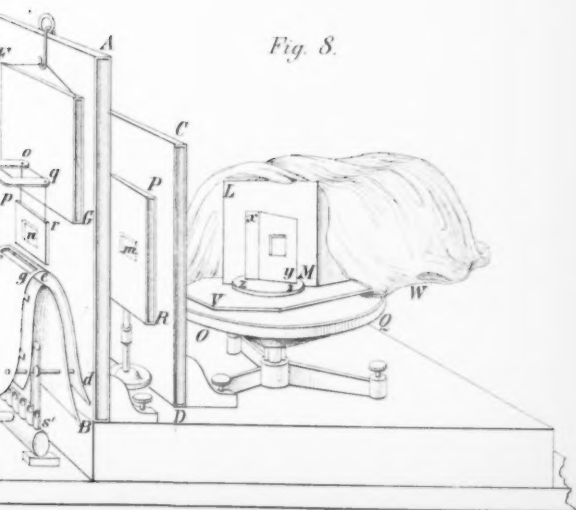


Fig. 1.

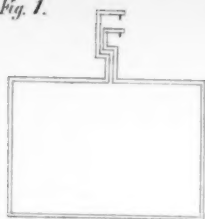


Fig. 2.

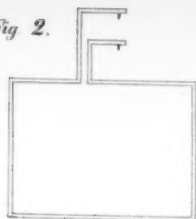


Fig. 10.



Fig. 3.

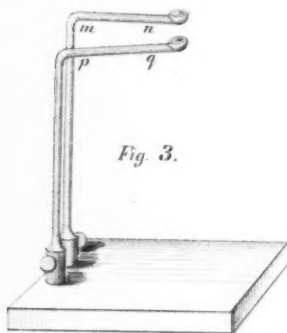


Fig. 4.

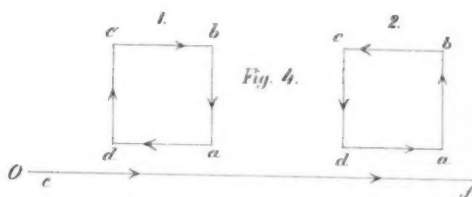


Fig. 5.

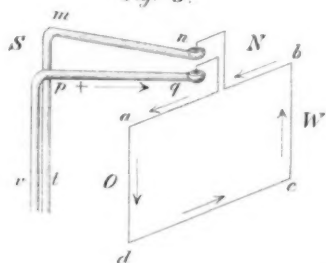


Fig. 13.

S
p

Fig. 6.

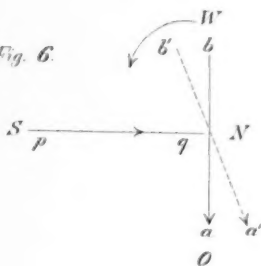
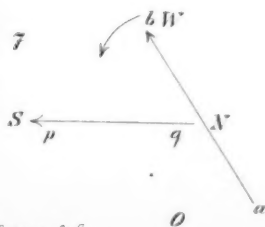


Fig. 7.



i. Schätze luf.

Fig. 8.

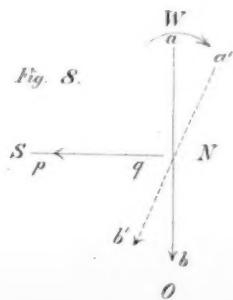


Fig. 16.



Fig. 10.

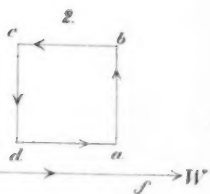
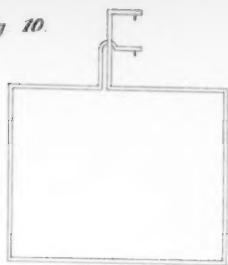


Fig. 9.

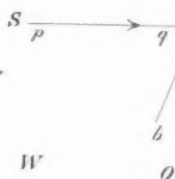


Fig. 13.

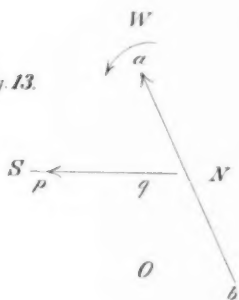


Fig. 16.

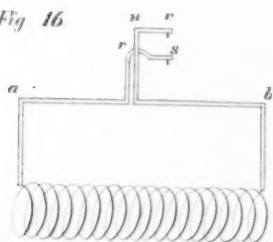


Fig. 11.

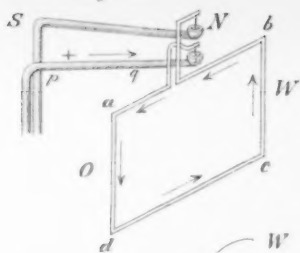


Fig. 12.

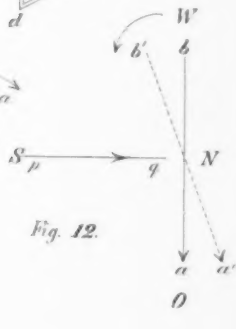


Fig. 14.

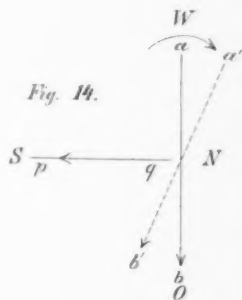


Fig. 15.

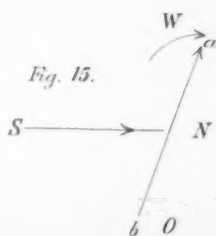


Fig. 10.

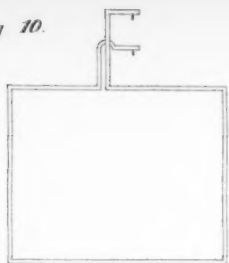


Fig. 4.

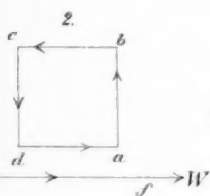


Fig. 9.

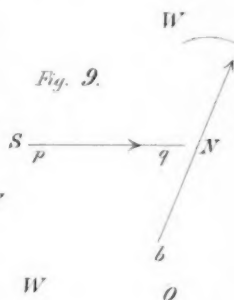


Fig. 12.

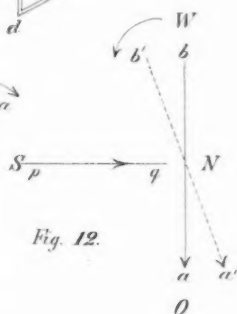


Fig. 13.

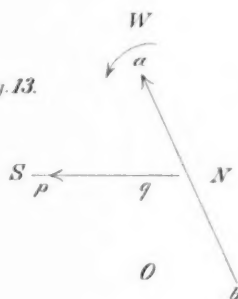


Fig. 14.

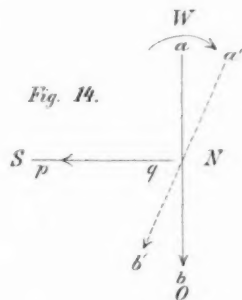


Fig. 16.

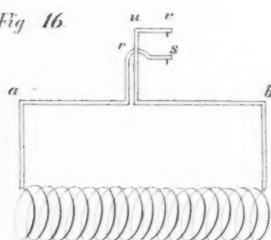


Fig. 15.

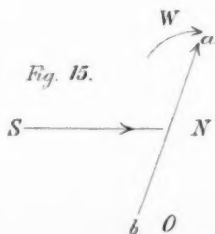


Fig. 11.

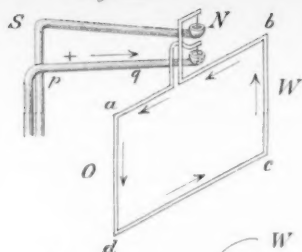


Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 17.

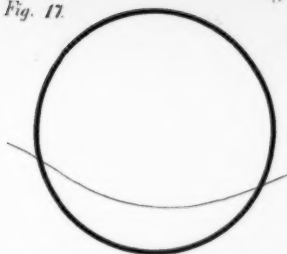


Fig. 18.

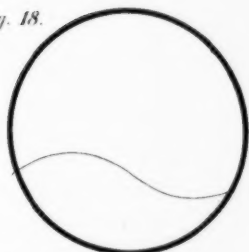


Fig. 19.

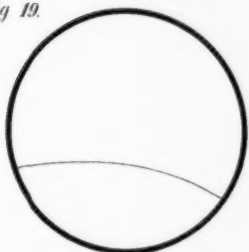


Fig. 20.

